

riguarda i laghi subalpini. Le statistiche mostrano come gli Svizzeri, insieme ai Tedeschi ed agli Austriaci siano gli stranieri che ricercano maggiormente le stazioni balneari.

Anche e soprattutto per questo gli Svizzeri che vengono in Piemonte come turisti non sono complessivamente molti, pur figurando la Svizzera ai primi posti nelle statistiche per nazionalità dei clienti. In provincia di Alessandria gli stranieri di nazionalità elvetica rappresentano l'8,1% della massa dei turisti dopo Francia e Germania. La provincia di Asti ospita svizzeri per il 6,6% e riserva i primi posti a Francesi e ad Inglesi. La provincia di Cuneo vede gli Svizzeri al 3° posto dopo Francesi e Tedeschi per il 6,7% del totale. In provincia di Novara tale percentuale è dell'8,7%, ma gli Svizzeri sono preceduti da Francesi, Tedeschi, Inglesi, Olandesi e Belgi. Sempre tra le province Vercelli conta la massima proporzione di Svizzeri sull'insieme dei turisti (11,0%), dopo i Francesi ed i Tedeschi. La percentuale più bassa si nota in provincia di Torino con il 6,5% di Svizzeri preceduti da Francesi, Inglesi, Tedeschi.

E per rimanere a Torino, si sa che negli ultimi anni la nostra città se ha veduto accrescersi il turismo interno, ha invece assistito ad una flessione del turismo estero. Per altro il diminuito numero degli arrivi trova un certo compenso nell'aumento delle presenze. Gli esercizi alberghieri di Torino hanno ospitato nel 1968 15.165 cittadini svizzeri per 33.975 presenze. Nel 1969 gli svizzeri sono scesi a 13.148 (— 2.077 rispetto all'anno precedente) e le presenze sono lievemente salite, raggiungendo le 34.261 (+ 286). Gli istituti minori di ricettività hanno contato 1.656 svizzeri nel 1968 e 1.267 nel 1969 (— 389), mentre le presenze sono passate da 3.212 a 3.205 (— 7).

Stando agli ambienti ufficiali questa diminuzione, specie nei confronti dei clienti di nazionalità svizzera, trova spiegazione nel fatto che il più agevole e rapido scorrimento permesso dalle autostrade consente ai turisti svizzeri di raggiungere in giornata le classiche destinazioni marittime di Genova, di Savona, di Nizza senza più sostare a Torino, come era invece necessario fare un tempo. Cosicché, proprio ai trafori alpini, aperti nelle nostre montagne, noi torinesi andremmo debitori di un rallentamento del flusso turistico svizzero con destinazione, anche per breve soggiorno, della nostra città.

Indubbiamente positivi sono stati, invece, i trafori alpini in ordine alle relazioni fra Torino e Ginevra, ma purtroppo in senso quasi completamente univoco (sempre dal punto di vista turistico). Di fatto, mentre da Torino non v'è agenzia di viaggio che non metta in programma nella buona stagione, viaggi collettivi, almeno settimanalmente, a Ginevra, la reciproca è contenuta in termini assai più limitati. E « pour cause » con buona pace di quanti ancora si angustiano per l'isolamento di Torino,

boicottata, dicono, dagli organismi ufficiali del turismo, scartata dai grandi itinerari internazionali, ecc. Resta comunque di moda il giro dei due trafori (Gran San Bernardo e Monte Bianco) per il Forclaz, effettuabili in giornata, una giornata con capatina in territorio elvetico.

Dalle accresciute comodità di comunicazione è naturale che abbiano tratto giovamento anche i rapporti culturali fra Torino e Ginevra. Col possibile viaggio di andata e ritorno in giornata, biblioteche ed istituti scientifici delle due città sono diventati quasi a portata di mano e nel nostro Laboratorio di Geografia economica abbiamo cominciato ad approfittarne. Ma una più chiara reviviscenza di contatti culturali è stata favorita dai trafori in valle d'Aosta, dove da qualche tempo si moltiplicano i raduni, i convegni di « patoisants », di accademici, di studiosi valdostani, savoirdi e vallesani alla ricerca di una superiore armonia locale sulla base di affinità linguistiche e dialettali, di comuni tradizioni letterarie, di somiglianze etniche, di stretti legami storici.

Troppo lungo sarebbe il rendere qui conto delle varie forme sotto cui si manifesta questo bisogno di avvicinamento ulteriore fra culture i cui numerosi fili comuni si snodano in mezzo alle montagne più alte d'Europa. Mi limiterò qui ad accennare al « Triangle de l'Amitié » Aosta-Chamonix-Martigny, fondato ad Aosta nel 1954 da parte di un gruppo di promotori del traforo del Gran San Bernardo. Da allora annualmente gli aderenti al « Triangle » si sono trovati in sedi diverse delle tre regioni a turno, con l'intento di discutere interessi comuni, specialmente quelli connessi alla viabilità. Ma l'aspetto culturalmente caratteristico del « Triangle » è dato dal grande concorso scolastico che ogni anno mette in gara ragazzi valdostani, savoirdi e vallesani nella trattazione di temi letterari, storici, geografici, artistici.

Interrogato sul vantaggio dei trafori alpini agli effetti dei rapporti ora accennati il rappresentante valdostano del « Triangle » mi ha detto: « I vantaggi stanno in questo: che mentre prima potevamo vederci soltanto tre mesi all'anno, oggi possiamo vederci per tutti i dodici mesi ».

Credo che, a mo' di conclusione non si potrebbe meglio sintetizzare il valore delle imprese che l'Accademia delle Scienze di Torino oggi celebra, agli effetti di quelle più strette relazioni tra gli uomini che alimentano il mutuo rispetto e la reciproca comprensione.

INTERVENTO DEL PROF. GIUSEPPE GROSSO:

Senza voler fare aggiunte e postille alla relazione, obbiettiva e densa di dati, del prof. Gribaudi, e soprattutto preoccupandomi di non recare qui l'eco di quella che fu definita «la guerra dei trafori» — a cui ho partecipato a suo tempo come pubblico amministratore, facendomi fautore di quelli del Gran S. Bernardo e del Fréjus — voglio solo sottolineare che i piemontesi non si dolgono, anzi si rallegrano, se sentono affermare che i trafori da loro promossi hanno contribuito più alle grandi comunicazioni che agli interessi specifici delle regioni limitrofe; gli interessi di queste si concentrano soprattutto nel costituire il nucleo di una regione europea al di sopra delle frontiere, regione che rappresenta il Sud di quella «Lotaringia», di cui ha parlato il prof. Guderzo nel discorso inaugurale, e che si inserisce nelle grandi comunicazioni come centro di irradiazione. Che poi le grandi comunicazioni favoriscano i rapidi spostamenti e, abolendo le fermate intermedie, possano diminuire talune presenze di stranieri a Torino, permettendo p. es. agli Svizzeri di raggiungere il mare in giornata, non costituisce certo ragione di sconforto per i torinesi, che vedono questi problemi su prospettive che — anche nei loro riflessi sulla regione — superano i piccoli interessi particolaristici. Voglio ancora osservare che è inesatto dire che la «bretella» di collegamento della autostrada Milano-Torino colla Torino-Aosta (cioè il tratto Santhià-Ivrea) sarebbe stata la contropartita per poter fare la Torino-Aosta; la «bretella» è stata costruita dalla ATIVA (Società Autostrada Torino-Ivrea-Valle d'Aosta), società costituita da enti torinesi, ed è stata voluta direttamente dai promotori torinesi, in un quadro organico di comunicazioni. E ancora una volta, battendosi per il Traforo autostradale del Fréjus, gli enti piemontesi, in particolare torinesi, hanno impostato un problema ben più vasto, che va al di là della regione, e che p. es. interessa altrettanto direttamente la Lombardia (il giornale «Le Monde», dedicandovi una pagina, lo presentava nel titolo come «la route de Milan»); ma anche questa volta i milanesi tardano a cogliere la portata del problema, mantenendosi legati, come del resto ha notato il prof. Guderzo, ad una visione più ristretta di quei trafori che immettono direttamente nella Lombardia. Si può rivendicare a merito del Piemonte di aver sentito e propugnato realizzazioni

che lo inserivano in problemi più vasti, e di aver dato loro un respiro che trascende i meri interessi regionali.

Quanto al rapporto di traffico fra i trafori già costruiti, quello del Monte Bianco e quello del Gran S. Bernardo, osservo che è prematuro fare valutazioni e trarne illazioni sulle esigenze cui i diversi trafori rispondono; finché non esisterà il traforo autostradale del Fréjus, il traffico del Monte Bianco è artificiosamente ipertrofizzato dal fatto che da Ponte S. Luigi al Monte Bianco non esiste altra comunicazione altrettanto comoda e permanente; d'altra parte, come è giustamente osservato nella relazione Gribaudo, il passaggio del traffico commerciale attraverso il Traforo del Gran S. Bernardo è frenato dai limiti che la Svizzera oppone in rapporto alla portata degli autocarri, a cui si deve aggiungere la lentezza con cui procede il miglioramento delle strade di grande comunicazione particolarmente nella Confederazione elvetica (la Basilea-Martigny richiederà notevole spazio di tempo).

Il prof. Carducci domanda per quale ragione da parte italiana si stia facendo molto per migliorare la strada d'accesso al Traforo del Monte Bianco, mentre da parte francese c'è la strozzatura di Chamonix, per cui si preferisce far passare la merce attraverso la Svizzera anziché attraverso il Monte Bianco. Egli ritiene che il Traforo del Monte Bianco acquisti sempre di più un significato turistico.

RISPONDE IL PROF. GIUSEPPE GROSSO:

Faccio osservare al prof. Carducci che, secondo le statistiche recate dal prof. Gribaudo, oggi il maggior traffico passa per il Monte Bianco; all'osservazione del prof. Carducci che si tratta di traffico turistico, rispondo che anche il traffico commerciale, di autocarri, è oggi notevole. Ma ripeto che, per giudicare della rispondenza di questo traffico ad uno sfogo naturale, occorrerebbe che esistesse il traforo che servirebbe direttamente alla linea attraverso la Savoia, cioè quello del Fréjus. Non credo di attribuire consistenza alle voci, alimentate dall'euforia dell'Amministrazione del Traforo del Monte Bianco, per cui si parlerebbe di previsioni di raddoppio della stessa galleria; prima di parlare di simili prospettive, occorre realizzare la comunicazione attraverso il Fréjus, che sarà la vera grande comunicazione commerciale Est-Ovest; solo allora si vedrà la reale consistenza dell'esigenza di traffico cui risponde la Galleria del Monte Bianco.

L'influence économique des percées alpines.

Le cas du Mont-Blanc.

Le tunnel du Mont-Blanc est en service depuis le mois de juillet 1965 et, au bout de cinq années d'exploitation, il est légitime de s'interroger sur son influence économique.

I. — Aspects méthodologiques.

L'aspect méthodologique de la question est très intéressant, tant pour le géographe que pour l'économiste aménageur du territoire. Mais il est, en même temps, hérissé de redoutables difficultés. En effet, dans le cas des percées routières, tant pour la prévision du trafic que pour l'estimation des effets induits, on s'est efforcé de raisonner par analogie avec les tunnels ferroviaires. Depuis l'ouverture de la galerie pionnière du Fréjus, et durant la période de suprématie du rail, qui se termine, en gros, en 1914, le chemin de fer a traversé onze fois la chaîne des Alpes et même dix-neuf fois, si l'on tient compte des forages d'accès jurassiens et apennins.

a) Dans le cas du rail, les effets économiques des tunnels étaient relativement faciles à évaluer. En effet, le chemin de fer, à cette époque d'avant l'avènement massif du transport routier, bénéficiait d'un véritable monopole dans la circulation des marchandises et des hommes. Son itinéraire est rigide, avec une statistique exacte des parcours-voyageurs et du tonnage des marchandises transportées.

Enfin — et c'est une différence capitale avec les tunnels routiers — les percements ferroviaires alpins complètent et réunissent des réseaux déjà constitués. C'est l'impératif de liaison, c'est la fonction de circulation qui crée l'organe de franchissement.

b) Dans les cas des percées routières, la situation est très différente.

Leur nombre se limite à trois (Mont-Blanc, Grand-Saint-Bernard et San-Bernardino), en attendant la mise en chantier du Gothard, du Fréjus et, éventuellement, des percées des Alpes du Sud, comme celle du Col de la Croix. Leur durée maximale d'exercice n'excède pas, actuellement, cinq ans.

Le choix de la percée n'a pas été l'aboutissement logique d'aboucher des réseaux butant sur des culs-de sac, au fond de vallées séparées par la crête-frontière, mais le résultat d'un calcul économique et politique, où le tunnel devait créer le trafic, par naissance de courants nouveaux ou soutirage du trafic des cols. A l'opposé du rail, c'était ici l'organe qui devait engendrer la fonction. On a donc vu se reproduire, sur une échelle plus grande encore que pour les galeries ferroviaires, l'action de groupes d'intérêts et de pression très divers, dont chacun escomptait un profit de « son » propre tunnel. Sur le plan international, à longue distance, le Mont-Blanc était, pour ses promoteurs « le tunnel Nord-Sud du Marché commun »; le Grand-Saint-Bernard apparaissait comme « l'axe traditionnel des relations entre Italie et Pays rhénans »; le Fréjus devait constituer « le tunnel du 45° parallèle », la voie franco-italienne, joignant l'Atlantique à l'Adriatique et Lyon à Turin.

Sur le plan régional, qui nous intéresse ici tout spécialement, le retour à la phase routière et les projets de percements routiers et autoroutiers, se produisaient à un moment de profonde mutation du monde alpin. Dans la Plaine du Pô et dans les avant-pays savoyard, rhodanien ou suisse, se développaient d'actives métropoles industrielles. Dans la montagne, frappée d'un dépeuplement global accéléré, la vie se concentrait dans les vallées principales et dans certains sites particulièrement propices à l'industrie et au tourisme de masses. Or, dans l'esprit de beaucoup d'Alpins, les tunnels routiers apparurent — et apparaissent encore — comme la panacée qui allait porter remède à la crise de la montagne, en arrêtant la déstructuration du monde alpin, et redonner vie aux secteurs en déclin. Chaque tête de vallée française rêva de se voir reliée à son homologue du versant piémontais par un percement doublant le col traditionnel. Or, et c'est ce qui explique l'âpreté des polémiques et des luttes pour le choix des premières percées, on pensait, au lendemain de la dernière guerre, qu'il n'y aurait pas place pour un grand nombre de tunnels viables. On arrivait à poser le problème en terme d'alternative, un tracé excluant l'autre pour des décennies. Là encore, on voit que l'on raisonnait dans l'optique ferroviaire du XIX^e siècle où, dans un milieu essentiellement rural, seuls quelques grands itinéraires reliaient les métropoles, drainaient le trafic et provoquaient des renversements spectaculaires dans les courants économiques internationaux, comme le montrent les modi-

fications des aires d'influence successives du Fréjus, du Gothard et du Simplon.

Dernier point fondamental, qui complique notre sujet: la circulation routière est extrêmement capillaire, sans tracé rigide, comme dans le rail. Elle n'est pas non plus soumise à des investigations statistiques sur le nombre des usagers, le volume et la composition du mouvement commercial. En 1945, d'autre part, le comptage des véhicules routiers était encore dans l'enfance et, actuellement encore, à moins d'opérer des comptages par observateurs directs, les enregistreurs automatiques placés sur la chaussée ne séparent pas les véhicules de tourisme des poids lourds. Dans les tunnels alpins, les transports sous douane transitent sans qu'on connaisse la nature exacte des chargements.

Enfin les galeries joignent des réseaux routiers disparates, de régime juridique différent: les routes ordinaires, banales, au long desquelles les propriétaires riverains peuvent accéder en tout temps et construire; les autoroutes qui, comme la voie ferrée, sont un domaine protégé, clos, relativement rigide, avec des sorties aux seuls échangeurs et l'impossibilité pour les riverains d'accéder et de construire sur l'autoroute. Ce point a été, en France au moins, la cause de bien des illusions déçues. Les autoroutes sont à péage, à des taux différents, ou gratuites, ce qui peut induire les usagers à les utiliser ou à leur préférer les itinéraires traditionnels.

Ainsi les conditions du trafic routier sont beaucoup plus aléatoires et, de part et d'autre des Alpes, des masses humaines considérables vont exercer un effet de vases communicants, dans un contexte économique où les paramètres sont très variables et hétérogènes.

C'est à la lumière de ces observations préliminaires que nous pouvons nous poser la question: que savons-nous des effets économiques du tunnel du Mont-Blanc?

II - Le cas du Mont-Blanc.

a) LES INCERTITUDES DU DÉBUT.

On peut dire que le percement routier du Mont-Blanc est en quelque sorte un « sous-produit » du projet d'un tunnel ferroviaire, envisagé dès le milieu du XIX^e siècle, pour relier Chamonix à Courmayeur. Tant pour le choix du tracé que pour les modalités techniques, la galerie actuelle dérive directement du projet élaboré par Arnold Monod, dans les années 1900-1913. Mais si le Mont-Blanc, sous l'aspect technique, n'a guère varié dans ses grandes lignes — sauf à adapter la galerie à une fonction rou-

tière — il n'en va pas de même de la manière dont on a envisagé son rôle économique.

Initialement, les divers experts, puis les commissions officielles, firent des prévisions de trafic. Elles se fondaient sur l'analyse du parc automobile européen et extrapolaient le nombre de véhicules en service. Les estimations, pour la première année d'exercice, présentaient un éventail largement ouvert. Avant 1939, on était à 500.000 voyageurs, avec 70.000 voitures, 17.500 autobus, 4.500 camions et 12.000 motocycles. Le mouvement devait doubler en dix ans et tripler en trente ans. Pour les marchandises, on tablait sur 150.000 tonnes. Après 1945, on passe à 450.000, puis à 530.000 usagers, selon les calculs français; 600.000 pour l'ingénieur Zignoli et 1 à 1,5 million, pour certains experts suisses. La réalité a bouleversé toutes ces prévisions: en 1960, la société concessionnaire tablait sur 350.000 véhicules de tous genres et, en 1962, sur 450.000. Or, depuis 1966, le trafic de la galerie s'est établi, en hausse lente pour les voitures particulières, autour de 550.000 unités, alors que le nombre des autocars se tient autour de 11.000 — en baisse lente — mais que celui des poids-lourds a subi une hausse spectaculaire:

44.856 en 1966

61.805 en 1967

70.291 en 1968

113.630 en 1969.

On peut en conclure que le mouvement a été supérieur de plus de 40% aux prévisions.

b) LA STRUCTURE DU TRAFIC.

Elle montre une distorsion saisonnière marquée, avec un maximum d'été (juillet-septembre revendiquent environ 54% du trafic total), une pointe d'août, qui dépasse 25% du mouvement global et un creux marqué d'hiver, où janvier et février dépassent chacun de peu 3%

Le Mont-Blanc est, avant tout, un tunnel à passagers. Le trafic des voitures particulières ne tombe jamais à moins de 76% du total et arrive à près de 98% en été.

La progression des poids-lourds, après des débuts assez lents, est en hausse accélérée. Il y a complémentarité entre tourisme et marchandises, les camions empruntant le tunnel surtout en hiver, avec une chute brusque dès l'ouverture du col du Mont-Cenis, et un maximum de fréquence dans les jours « creux » de la semaine pour le trafic des particuliers: mardi, mercredi et jeudi.

Comparativement au tunnel du Grand-Saint-Bernard, le rapport du trafic total est de 2,2 en faveur du Mont-Blanc et de près de 3, 7 pour les poids lourds avec, pour le tunnel suisse, plus d'un quart de passages de camions à vide, dans une direction, contre moins de 6% pour le Mont-Blanc.

En ce qui concerne le trafic commercial, là encore, les prévisions ont été entièrement déjouées.

Les experts italiens prévoyaient:

100.000 tonnes pour 1960

120.000 tonnes pour 1965

200.000 tonnes pour 1970.

Les vues les plus optimistes des autres spécialistes n'allaient pas au-delà de 250.000 tonnes. Or, sur la base d'une charge moyenne à l'essieu de 17 tonnes, on a enregistré 523.000 tonnes, du 20 octobre 1965 au 18 juillet 1966; 762.000 tonnes pour 1966 et plus de 1 million de tonnes depuis 1967 (1.931.710 tonnes en 1969).

La composition des chargements diffère très fortement, selon le sens de traversée. On a, dans l'ordre décroissant:

Italie vers France	France vers Italie
Marbres	Bois en grumes
Faïence et céramique en carreaux	Fromages
Revêtements de sols	Peaux et cuirs
Eternit	Produits alimentaires
Tubes de fer	Groupages métallurgiques
Contreplaqué	Machines et mécanique
Produits métallurgiques et mécaniques	Ferrailles
Fromages	Ciment
Produits chimiques	
Véhicules et tracteurs (surtout FIAT)	

Le trafic international s'est, lui-aussi, équilibré. Le Mont-Blanc est, avant tout, un tunnel franco-italien.

Pour cent du mouvement total.

	Mont Blanc	Grand-Saint-Bernard
FRANCE	48,6	13,8
ITALIE	31,6	27,4
SUISSE	10 ⁽¹⁾	29,9
BENELUX	4	10,6
ROYAUME UNI	1,9	11,9
DIVERS	3,8	7

Pour les passages touristiques, en ce qui concerne le mouvement franco-italien, le Mont-Blanc est au second rang, après le Pont Saint-Louis (Vintimille), avec 557.000 personnes, contre 3,1 million et, pour l'ensemble des Alpes, au quatrième rang, après le Gothard (2,656 millions) et le Brenner (1,552 million). Pour les marchandises, le Mont-Blanc se situe au troisième rang, après le Gothard et le Brenner.

c) LES EFFETS ÉCONOMIQUES

L'action d'une percée se fait sentir de deux manières:

- par un « effet induit » au long des voies affluentes.
- par un effet direct sur les points terminaux de la galerie, aux deux embouchures.

III. – L'effet global.

Il n'est encore apprécié que d'une manière très empirique. En France, tout au moins, les indicateurs autres que les comptages routiers font défaut. Economistes et économètres devraient nous proposer des modèles serrant de plus près la réalité. Certains effets globaux sont faciles à individualiser:

- une intensification des courants de circulation dont le rythme d'accroissement dépasse celui de l'augmentation du parc européen de véhicules.

⁽¹⁾ Provenant essentiellement de Genève, en hausse constante.

— L'augmentation du tonnage des marchandises qui est cependant, il faut bien le dire, encore peu de chose dans le volume total des échanges européens et, spécialement, franco-italiens.

— L'abaissement des coûts de transport par le raccourcissement des distances, et la possibilité d'un franchissement permanent, qui stimulent le mouvement.

On doit observer deux choses:

La première est qu'on a fait, jusqu'ici, une politique des tunnels *isolés*, concurrents les uns des autres, alors qu'il nous manque une étude générale des besoins de passage et de leur rentabilité, dans l'ensemble de l'arc alpin.

La seconde est que les péages, dont le taux varie selon les charges propres des tunnels, peuvent agir aussi bien comme stimulants du trafic, que comme frein.

En ce qui concerne l'influence économique du Mont-Blanc, deux cas sont à considérer.

Du côté français, où la desserte de la galerie se fait par l'infrastructure routière traditionnelle, avec une autoroute Genève-Chamonix dont la construction est amorcée, mais qui ne sera pas en service avant 1975, l'afflux de trafic a fortement perturbé et engorgé la circulation locale, du Jura à Chamonix. Par contre, en raison du ralentissement imposé aux véhicules, le tertiaire (restaurants, commerces) a connu une augmentation de chiffre d'affaires, variable et très empiriquement connue, mais qui, dans la moyenne vallée de l'Arve, atteint, aux dires des bénéficiaires, une plus-value de 30 à 40 pour cent. Il en a été de même d'Entrêves jusqu'à l'entrée de l'autoroute italienne, dont le terminus a été reporté successivement de Verrès à Châtillon, puis à la périphérie d'Aoste.

En revanche, les industries locales, comme le décolletage de l'Arve moyenne, ou l'électrochimie et l'électrométallurgie de la Haute-Arve, sont de très faibles utilisatrices du tunnel. Le transit des marchandises est à longue portée: bois du Jura et d'Alsace; groupages chargés à Paris, Lyon ou Bruxelles. Du côté italien, et du côté français, sur une très courte section de 9 km, on a des autoroutes, ou des routes à caractéristiques spéciales, non-accessibles en dehors des échangeurs. Il s'y produit le phénomène classique des autoroutes, avec une chute brusque des activités tertiaires dans les localités qui cessent d'être desservies. Il semble, d'une manière générale, que la Vallée d'Aoste ait profité davantage de l'ouverture du Mont-Blanc, auquel s'ajoute l'effet du Grand-Saint-Bernard, que la vallée de l'Arve.

Le cas de Genève est intéressant. Cette ville internationale, très excentrée dans l'espace national suisse, a toujours ressenti le désir d'amé-

liorer ses liaisons avec la France et l'Italie. Ses intérêts, dans ce domaine, ont constamment divergé de ceux du reste de la Confédération, tournée vers le Gothard et le Grand-Saint-Bernard. Genève a lutté, dès le début du siècle, pour les tunnels jurassiens et alpins qui la désenclaveraient. Après l'échec du percement ferroviaire de la Faucille, avant 1914, qui eût constitué une voie d'accès au Mont-Blanc, elle a été à l'avant-garde du tunnel routier Chamonix-Entrêves et de la *Route Blanche* Paris-Dijon-Genève-Rome. Le poids politique de Genève a été déterminant dans la réussite du projet et la ville et l'Etat ont participé à la formation du capital. Genève attendait beaucoup du Mont-Blanc. Elle en est le principal usager suisse, surtout pour les véhicules de tourisme. Pour les marchandises, l'effet escompté est minime. Le double cordon douanier de la frontière et de la zone franche et l'extrême difficulté du transit à travers la ville, incitent les camions à contourner l'agglomération, en restant sur territoire français. Par contre l'effet sur le commerce local, surtout en été, est sensible.

IV. – Les effets aux points terminaux.

C'est surtout dans le domaine touristique que les incidences sont mesurables.

a) A CHAMONIX.

Avant l'ouverture du tunnel, c'est une grande station européenne et mondiale, à l'équipement déjà ancien, concentré sur l'hôtellerie traditionnelle, avec une capacité d'accueil, sans les campings, de l'ordre de 25.000 personnes. L'hôtellerie est stable, sans plus, avec la fermeture de palaces vendus en appartements. Le tunnel a stimulé la fréquentation des petites stations de la vallée, plus tranquilles, et, surtout, les résidences secondaires (1.700 logements et 8.300 personnes). Le mouvement touristique global est en légère hausse (de 60.000 présences hôtelières en 1964, à 82.000 en 1967), mais avec une diminution de la durée du séjour. La clientèle est beaucoup plus mobile. De ville-séjour dans un cul de sac, Chamonix devient ville-étape, animée par le passage. Le résultat le plus net est la diminution de la longueur des mortes-saisons. Les anciennes périodes creuses voient une fréquentation accrue et font déjà 30% du mouvement annuel.

On note également une hausse de la clientèle étrangère, surtout italienne: + 244% pour les arrivées et + 150% pour les nuitées. Les Italiens du Nord, autrefois très discrètement représentés, constituent

désormais plus de 25% de la clientèle. Cinq pays européens font désormais 80% du mouvement.

La population totale a augmenté, mais moins qu'on ne l'escomptait avant l'ouverture du tunnel: (+ 66 personnes par an en moyenne).

En somme, pour Chamonix, l'effet est certain, mais il n'y a pas eu vraiment adaptation des structures anciennes à la nouvelle fonction de passage et d'étape.

A COURMAYEUR.

Cette station, qui était essentiellement fréquentée par la clientèle italienne, avec une capacité d'accueil très inférieure à celle de Chamonix, a fortement rattrapé son retard, après l'ouverture du tunnel. Il y a, en 1969, presque autant d'hôtels à Courmayeur (83 et + 31% de lits entre 1959 et 1968), qu'à Chamonix (93). C'est le capital milanais qui est, avant tout, à l'origine de l'accroissement de la capacité hôtelière de Courmayeur. Les propriétaires des résidences secondaires sont, pour 40%, des gens de Turin et du Piémont; 34,1% proviennent de Milan et de la Lombardie et seulement un peu plus de 10% du Val d'Aoste.

La mise en service du tunnel a énormément modifié la structure de l'activité touristique. Tout d'abord dans le sens de la hausse, avec une fréquentation qui est, maintenant, pour Courmayeur, le quart de l'ensemble de la Vallée d'Aoste. Entre 1964 et 1968, les nuitées ont passé de 428.000 à 623.000 (+ 46%) et le nombre des passages s'est accru de plus de 80%. Mais 72,3% des nuitées sont en para-hôtellerie (logements particuliers et villas), ce qui montre la poussée d'un tourisme beaucoup plus mobile et populaire. En effet, avant 1964, la durée moyenne du séjour était de 17,7 jours, pour la clientèle italienne et, en 1967, elle est passée à 1,45 jour!

Chamonix était, avant le tunnel, comme Chamonix, une station essentiellement d'alpinisme et de séjour d'été. Elle le demeure, mais l'hiver a doublé sa fréquentation (12 à 24% du total). L'été est en hausse absolue, mais en baisse relative (71% du total en 1965 et 59,8 en 1967). Le rythme saisonnier commence à ressembler à celui de Chamonix.

L'essor du tourisme étranger est une autre conséquence remarquable. Comme à Chamonix, l'essentiel de la clientèle est nationale (82% d'Italiens) mais leur augmentation (+ 45% pour les arrivées et + 42% pour les nuitées) est beaucoup moins forte que celle des étrangers, avec, respectivement + 115 et + 129%.

Alors qu'à Chamonix l'accroissement de la clientèle italienne est remarquable, le phénomène symétrique est enregistré à Courmayeur, avec l'arrivée massive des Français qui, avec + 360%, revendiquent

51% des nuitées étrangères. Viennent ensuite les Suisses (9,4% du total des étrangers), les Américains (8,1%), les Allemands (7,8%) et les Belges (7,1%). Six pays font 86% de ce tourisme international, à forte dominante française.

A la différence de Chamonix, l'essor démographique de Courmayeur a été spectaculaire: + 20,5% entre 1951 et 1968, avec un net rajeunissement par immigration de Méridionaux (Calabrais, Siciliens et Abruzzais, travaillant essentiellement dans le bâtiment et les travaux publics).

Courmayeur a donc reçu de l'ouverture du Mont-Blanc un très net effet de stimulation et de rajeunissement démographique.

V. - Conclusion.

L'enseignement que l'on peut retirer des premières conséquences économiques du tunnel du Mont-Blanc est que, dans un large rayon et un contexte étendu, un tunnel ne crée rien en soi. Il exerce des effets locaux, prévisibles, surtout aux embouchures. Mais, dans la réalisation des percées actuelles, on a fait passer le forage avant la prévision des routes d'accès et des structures d'accueil de la future clientèle et, surtout, on a opéré en vase clos, sans vue d'ensemble des implications internationales, ou même des possibilités de collaboration, de complémentarité, voire d'intégration des zones directement concernées, comme Chamonix et Courmayeur, ou la Vallée d'Aoste et la Savoie.

La politique ponctuelle des percées spectaculaires devrait désormais céder le pas aux impératifs de l'aménagement rationnel de l'espace alpin.

INTERVENTO DEL PROF. GIUSEPPE GROSSO:

Dò atto al prof. Guichonnet, che è stato, e si è dichiarato, fra i promotori del Traforo del Monte Bianco, della sua obbiettività, e ripeto che non voglio portare qui l'eco della c.d. « guerra dei trafori », ormai completamente superata, così che, anziché di scelta delle vie, si deve oggi parlare di ripartizione del traffico, sempre crescente, che moltiplica le esigenze; osservo solo che per una panoramica completa, sarebbe stato bene inserire nel programma del convegno due relazioni sulle comunicazioni colla Svizzera, una sul traforo del Monte Bianco, che interessa soprattutto Ginevra, ed una su quello del Gran S. Bernardo. Prendendo atto dei dati presentati circa la mole crescente del traffico attraverso il Monte Bianco, osservo che essi rappresentano proprio una riprova dell'antico adagio che la strada crea il traffico; però ripeto che il quadro dei dati della rispondenza alle diverse esigenze, e del naturale riparto di queste, si avrà solo quando non esisterà più il « vuoto » fra Ventimiglia e il Monte Bianco, cioè quando sarà realizzato colla Francia il traforo del Fréjus, che è oggi, delle grandi comunicazioni che passano per il Piemonte, esigenza essenziale e primaria (lascio da parte il Colle della Croce, che interessa particolarmente il Pinerolese, e che non supera il carattere di comunicazione complementare e di importanza soprattutto locale). Nel quadro generale delle grandi comunicazioni che interessano il Piemonte, viene poi il problema, che tocca particolarmente il Cuneese, della comunicazione con Nizza, di importanza prevalentemente turistica (grande turismo internazionale, che si collega ai trafori aostani, e quindi anche al movimento colla Svizzera); che poi ciò possa meglio avvenire rinnovando una galleria attraverso Tenda, o piuttosto attraverso il Ciriogia, è problema più specifico.

Concludo affermando che questo sviluppo di grandi comunicazioni attraverso le Alpi rappresenta un processo che non può essere arrestato.



Disponibilità e fabbisogni di fonti primarie e di energia elettrica.

I. — Premessa.

Il progresso dell'umanità è stato ed è strettamente connesso con lo sviluppo della scienza e della tecnica concernenti:

- la materia e le sue trasformazioni
- l'energia e le sue trasformazioni
- l'informazione (intesa in senso lato) ed il suo trattamento.

Le trasformazioni della materia implicano « movimenti » di energia, e cioè produzione o assorbimento di quest'ultima, sotto varie forme, in misura tale da giustificare l'affermazione secondo cui:

- l'energia rappresenta elemento indispensabile per ogni trasformazione (chimica o meccanica) della materia;
- la totalità o quasi dell'energia che l'uomo può utilizzare deriva da trasformazioni (molecolari ovvero atomiche) della materia.

L'informazione in quanto tale non implica né materia né energia, anche se — marginalmente — l'una e l'altra sono indispensabili in quanto costituiscono in certo senso un « supporto » per la sua registrazione nelle forme più svariate ed un « agente di attivazione » dei molteplici processi di trattamento e di trasmissione.

Questa relazione tratta dell'energia per le applicazioni industriali con riguardo alle fonti da cui deriva ed alle forme sotto cui viene impiegata. Particolare e prevalente attenzione viene peraltro dedicata alla più flessibile fra le forme sotto cui può rendersi disponibile questo agente motore essenziale della vita moderna: *l'energia elettrica*, che presenta

vari caratteri peculiari qualificati con il termine « flessibilità »; in particolare l'energia elettrica:

— può ottenersi direttamente o indirettamente (e cioè attraverso conversioni intermedie) da tutte le fonti primarie ed in particolare da quelle ottenibili ai minori costi unitari;

— può trasformarsi in tutte le forme secondarie in modo sicuro ed economico mediante processi di conversione largamente sperimentati in campo applicativo;

— può essere trasmessa in grandi quantità e a notevoli distanze con perdite modeste ed a costi industrialmente accettabili;

— può essere ripartita e distribuita ad una utenza estremamente varia per caratteristiche di prelievo, frazionata e sparsa su vasti territori;

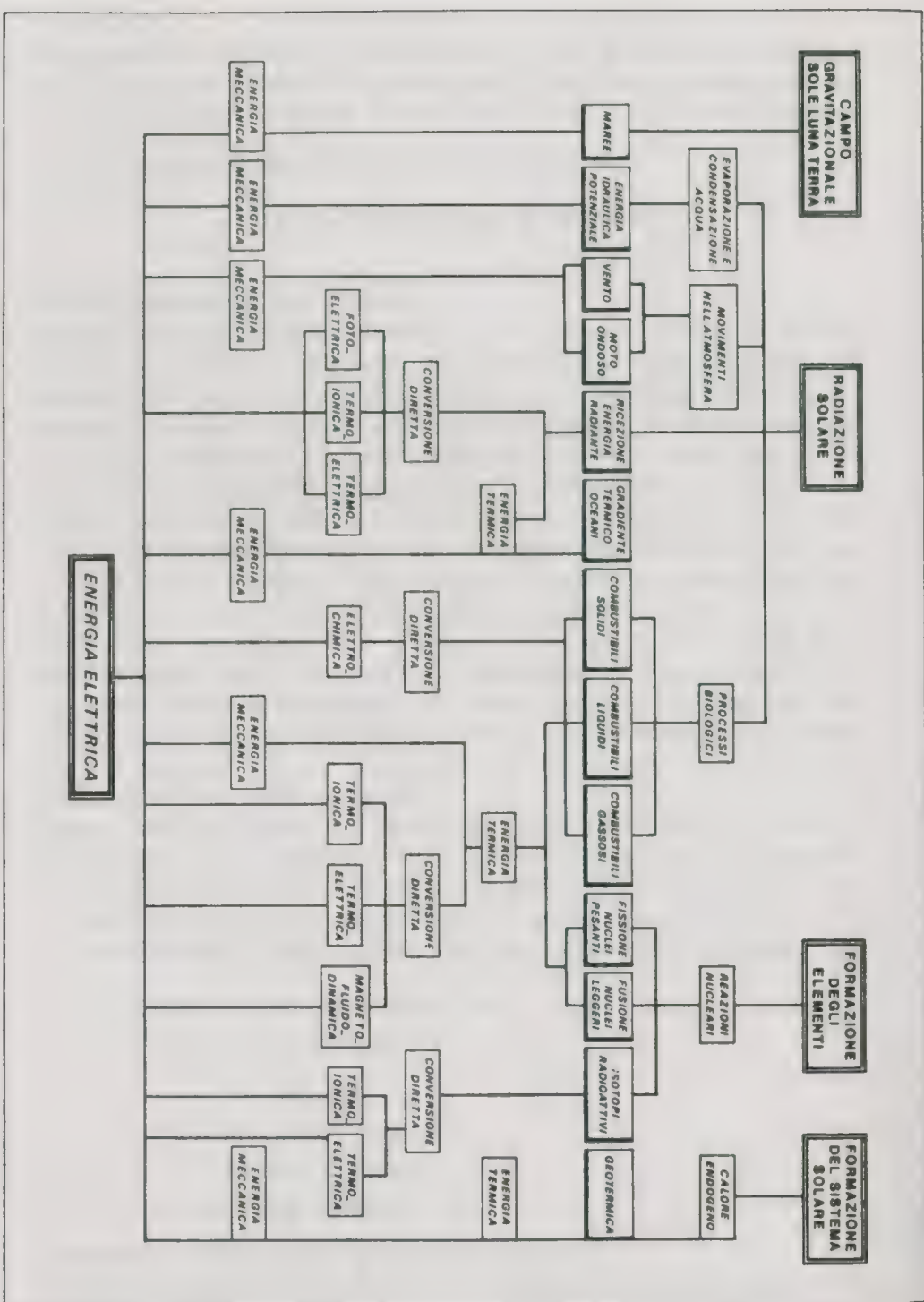
— è industrialmente insostituibile per alcune applicazioni essenziali (produzione dell'alluminio e del magnesio, saldatura elettrica, illuminazione, ecc.).

Sino a quale punto l'energia elettrica sia indispensabile è mostrato dalle conseguenze estremamente gravi cui si incorrerebbe dal momento in cui venisse a mancare. Ne è prova l'eccezionale risonanza che ebbe in tutto il mondo il « black out » di New York del 1965, la cui durata peraltro eccedette le otto-dieci ore solamente in aree circoscritte. In assenza di energia elettrica infatti sarebbero paralizzate tutte le industrie, quasi tutti i trasporti ferroviari, tutti o quasi i servizi di illuminazione, gran parte dei servizi di acqua potabile, l'intera « catena del freddo », dai grandi impianti frigoriferi a quelli domestici (con conseguenze economiche ed igieniche catastrofiche) e così via. La paralisi si estenderebbe ai servizi di telecomunicazione, a quelli aerei, minerari, ecc. Non occorrono commenti per concludere che l'energia elettrica è fattore primario ed indispensabile della vita moderna.

Il grafico di fig. 1 mostra come e attraverso quali processi di conversione l'energia elettrica possa ottenersi da tutte le fonti primarie disponibili in natura ⁽¹⁾.

Agli effetti del tema assegnato a questa relazione, interessano le fonti primarie che oggi e — per quanto prevedibile — domani, consentono e consentiranno di ottenere energia in quantità industrialmente signifi-

⁽¹⁾ Da una relazione dello scrivente al Convegno organizzato dall'Accademia dei Lincei su « Tecnologie avanzate e loro riflessi economici, sociali e politici », Roma, novembre 1969.



cative a partire dalle fonti primarie, che — attualmente ed in prospettiva — risultano più economiche, e cioè essenzialmente:

- i combustibili organici:
 - carbone e lignite
 - olio combustibile
 - gas naturale
- i combustibili nucleari
- l'energia potenziale delle acque

Sono queste le fonti primarie all'origine dell'energia utilizzabile per gli scopi più svariati e della energia elettrica in particolare.

Nel seguito di questa relazione verrà esposto un quadro sintetico della produzione e delle disponibilità per i fabbisogni futuri delle fonti energetiche di maggior rilievo, nel mondo, in alcuni grandi paesi e gruppi di paesi ed in particolare in Italia.

Con riferimento al nostro paese ed ai consumi attuali, verrà tracciato un bilancio sommario secondo provenienza e destinazione dell'energia.

Segue un'analisi degli elementi caratteristici della produzione e del consumo della energia elettrica, che rappresenta la fonte secondaria di applicazione più diffusa, anche qui, per il mondo, per alcuni grandi paesi e gruppi di paesi e, più specialmente, per il nostro paese.

Per l'Italia verranno quindi esposte le prospettive di sviluppo della produzione dell'energia elettrica in dipendenza dell'andamento dei consumi e, con riguardo alle fonti primarie di cui è previsto l'impiego, verranno fornite indicazioni sui programmi di nuove costruzioni.

Dallo svolgimento di questi ultimi temi emerge l'importanza rapidamente crescente che, nell'assetto della produzione di energia elettrica, assumeranno da noi gli impianti nucleari e la regolazione della potenza secondo il mutevole andamento del fabbisogno, mediante impianti di accumulazione idrica. È per questo che la relazione si concluderà con due capitoli riguardanti tali argomenti.

II. — Fonti primarie di energia.

a) PRODUZIONE MONDIALE DI FONTI ENERGETICHE

La produzione mondiale di fonti primarie di energia è caratterizzata da una tendenza espansiva in atto da molti anni e strettamente connessa con l'analogia evoluzione dell'economia dei più importanti paesi industrializzati.

TABELLA I
Produzione mondiale di energia idraulica e di combustibili.

	Anno		1953	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969 (2)
	Unità di misura										
Energia idraulica (3)	10 ⁹ kWh 10 ⁹ kcal	414 455.400	767 843.700	804 884.400	855 940.500	942 1.036.200	1.022 1.124.200	1.054 1.159.400	1.081 1.189.100	1.150 1.265.000	
Lignite . . .	10 ⁶ t (4) 10 ⁹ kcal	137 1.013.800	208 1.539.200	219 1.620.600	229 1.694.600	228 1.687.200	227 1.679.800	222 1.642.800	232 1.716.800	234 1.731.600	
Carbone . . .	10 ⁶ t 10 ⁹ kcal	1.495 11.063.000	1.985 14.689.000	2.078 15.377.200	2.147 15.887.800	2.186 16.176.400	2.195 16.243.000	2.173 16.080.200	2.189 16.198.600	2.173 16.080.200	
Petrolio . . .	10 ⁶ t 10 ⁹ kcal	659 6.590.000	1.214 12.140.000	1.301 13.010.000	1.409 14.090.000	1.503 15.030.000	1.710 17.100.000	1.831 18.310.000	1.975 19.750.000	2.133 21.330.000	
Gas naturale .	10 ⁹ m ³ 10 ⁹ kcal	266 2.181.200	551 4.518.200	602 4.936.400	657 5.387.400	703 5.764.600	763 6.256.600	820 6.724.000	882 7.232.400	962 7.888.400	
Totale	10 ⁹ kcal	21.303.400	33.730.100	35.828.600	38.000.300	39.694.400	42.403.600	43.916.400	46.086.900	48.295.200	

(2) Questa cifra comprende anche l'energia geotermoelettrica e quella nucleotermoelettrica.

(3) Dati stimati.

(4) Espressa in milioni di t di equivalente litantrace: 1 kg di litantrace = 2 kg di lignite austriaca; 1,7 kg di lignite cecoslovacca; 4,5 kg di lignite tedesca; 2,5 kg di lignite italiana; 3 kg di lignite di altri paesi.

In base a stime approssimative, ricavate dai primi dati parziali disponibili, risulta che la produzione mondiale di queste fonti ha toccato nel 1969 i 48.300.000 miliardi di kcal ⁽⁵⁾, con un tasso di sviluppo rispetto al 1968 dell'ordine del 4,8%, lievemente inferiore a quello medio annuo del periodo 1959-1969, che è risultato del 5,2%.

La tabella 1 contiene la produzione mondiale di energia idraulica e di combustibili nel 1953 e negli anni dal 1962 al 1969 ed illustra l'evoluzione e l'incidenza dei diversi tipi di combustibile e di fonti primarie.

In base ai dati finora disponibili, la produzione di fonti primarie d'energia comprende nel 1969 energia idraulica (inclusa quella geotermica e nucleare) per 1.150 miliardi di kWh, *carbon fossile e lignite* per 2.407 milioni di tonnellate, *petrolio grezzo* per 2.133 milioni di tonnellate, e gas naturale per 962 miliardi di m³.

La tabella 2 indica l'apporto percentuale delle singole fonti energetiche primarie alla produzione mondiale di energia.

TABELLA 2

Apporto percentuale delle singole fonti energetiche alla produzione mondiale di energia idraulica e di combustibili.

	1953	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968 ⁽⁶⁾	1969 ⁽⁷⁾
Energia idraulica ⁽⁸⁾	2,1	2,5	2,5	2,4	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
Lignite	4,7	4,6	4,5	4,5	4,2	4,0	3,8	3,7	3,6
Carbone	52,0	43,5	42,9	41,8	40,8	38,3	36,6	35,1	33,3
Petrolio	31,0	36,0	36,3	37,1	37,9	40,3	41,7	42,9	44,2
Gas naturale	10,2	13,4	13,8	14,2	14,5	14,8	15,3	15,7	16,3

Come si vede, la produzione mondiale di combustibili solidi, carbone e lignite, pur essendo aumentata sensibilmente in valore assoluto nel

⁽⁵⁾ La sintesi in termini di contenuto energetico è stata ottenuta attribuendo alle fonti prime i seguenti contenuti energetici: energia idraulica 1.100 kcal per ogni kWh idroelettrico prodotto misurato ai morsetti dell'alternatore; carbone 7.400 kcal/kg; petrolio 10.000 kcal/kg; gas naturale 8.200 kcal/m³. In questa sintesi per l'energia geotermoelettrica e per quella elettronucleare è stato adottato lo stesso contenuto energetico utilizzato per l'energia idroelettrica; tenuto conto dell'attuale modesta incidenza di queste due fonti energetiche non si è ritenuto di adottare al riguardo un criterio particolare.

⁽⁶⁾ Dati provvisori.

⁽⁷⁾ Dati stimati.

⁽⁸⁾ Comprende anche l'energia geotermoelettrica ed elettronucleare.

periodo 1953-1969, ha presentato una incidenza decrescente: il carbone e la lignite, che nel 1953 rappresentavano il 56,7% della produzione totale, sono scesi infatti al 36,9% nel 1969. Di riflesso è aumentata l'incidenza della produzione di petrolio, passata nel periodo considerato dal 31% al 44,2% e del gas naturale, che dal 10,2% nel 1953 è salita al 16,3% nel 1969.

L'apporto alla produzione mondiale di fonti primarie dell'energia idraulica (che comprende anche l'energia ottenuta dal vapore endogeno e dai combustibili nucleari, che per il momento ha scarso rilievo) si mantiene da un quinquennio al valore del 2,6%. Come si vedrà più avanti, è da prevedere un contributo percentuale via via minore della fonte idraulica ed un progressivo incremento della fonte nucleare.

La tabella 3, che per gli anni 1963-1969 e per il periodo 1953-1969 indica gli incrementi annui medi percentuali della produzione dei vari tipi di combustibile, illustra in modo più immediato l'evoluzione del ruolo delle singole fonti energetiche.

La produzione mondiale di carbone nel 1969 si è mantenuta sui livelli registrati nel quadriennio precedente; questa indicazione risulta però dalla somma di elementi relativi a situazioni nazionali tra loro assai diverse; la produzione è da qualche tempo in fase regressiva negli Stati Uniti, in Gran Bretagna e nel complesso dei paesi della Comunità economica europea; in altri paesi, in particolare nell'URSS, nell'insieme dei Paesi dell'Europa orientale, nell'Unione Sud Africana, in Australia, in India, si è invece verificato un sensibile incremento.

Nei paesi della Comunità economica europea si è continuato a chiudere miniere (diciannove nel 1968 ed oltre dodici durante il 1969) e sono proseguiti nel contempo i programmi di riorganizzazione delle miniere: solo la produzione della Germania occidentale ha registrato un aumento nel 1969. Il processo di meccanizzazione delle miniere di carbone è proseguito ovunque, al fine di aumentare la produttività e tendere alla competitività sempre più serrata con gli idrocarburi gassosi e liquidi negli usi termici. Vi è già chi prevede che il carbone in futuro verrà richiesto solo dalle cokerie e dalle centrali termoelettriche, mentre si ridurranno progressivamente, fino a scomparire, gli altri usi; questi sono gli orientamenti emersi dalle discussioni che si sono avute nel « Simposio » organizzato dalla Commissione economica per l'Europa dell'ONU a Varsavia dal 15 al 18 settembre 1969, dove si è parlato a lungo del futuro del carbone. Sono state avanzate previsioni secondo cui nel 1980 la produzione mondiale di carbone si manterrebbe all'attuale livello, mentre l'incidenza sui consumi globali di fonti di energia scenderebbe dal 33,3% attuale al 20%.

TABELLA 3
*Produzione mondiale di energia idraulica e di combustibili.
 Incrementi percentuali per singole fonti energetiche.*

	Incremento in % rispetto all'anno precedente							Incremento in %	
	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	tra il 1953 e il 1969	medio annuo nel periodo 1953-1969
Energia idraulica ^(*) . . .	4,8	6,3	10,2	8,5	3,1	2,6	6,4	177,8	6,6
Lignite	5,3	4,6	— 0,4	— 0,4	— 2,2	4,5	0,9	70,8	3,4
Carbone	4,7	3,3	1,8	0,4	— 1,0	0,7	— 0,7	45,4	2,4
Petrolio	7,2	8,3	6,7	13,8	7,1	7,9	8,0	223,7	7,6
Gas naturale	9,3	9,1	7,0	8,5	7,5	7,6	9,1	261,7	8,4
Totale . . .	6,2	6,0	4,5	6,8	3,6	4,9	4,8	126,7	5,2

(*) Comprende anche l'energia geotermoelettrica e nucleotermoelettrica.

La produzione mondiale di lignite ha subito nel tempo aumenti modesti, in parte dovuti all'incrementato consumo di tale combustibile nelle centrali termoelettriche.

La produzione mondiale di petrolio greggio, ha superato nel 1969 i 2.130 milioni di tonnellate, valore pari a più di tre volte quello registrato nel 1953 e più che doppio di quello relativo al 1959.

Rispetto al 1968 l'aumento è stato dell'8%, superiore quindi a quello medio dell'ultimo decennio, pari al 7,7%.

Quasi tutte le aree produttive del mondo hanno registrato sostanziali progressi, benché ovviamente con sensibili differenze da zona a zona. Un confronto tra la situazione esistente nel 1959 e quella attuale induce ad alcune considerazioni. A seguito della intensa attività di ricerca, ben nove paesi si sono aggiunti a quelli già produttori. È peraltro diminuito l'apporto dei paesi dell'emisfero occidentale, in particolare Stati Uniti e Venezuela, nel quadro della produzione petrolifera mondiale; l'incidenza della loro produzione è passata durante il decennio dal 58,5% al 39,1%, mentre è aumentata la produzione dei paesi dell'emisfero orientale, la cui incidenza sul totale è passata dal 41,5% al 60,9%. Per quanto riguarda gli Stati Uniti, ovvia è l'importanza che assumono le prospettive sempre più favorevoli dei ritrovamenti in Alaska.

Anche la produzione mondiale di gas naturale ha fatto ulteriori progressi nel 1969; le stime approssimative di cui si dispone indicano che l'aumento sarebbe stato del 9,1%, notevolmente superiore a quello riscontrato nei due anni precedenti e superiore anche al tasso medio riscontrato tra il 1953 e il 1969, pari all'8,4%.

Gli incrementi di produzione più rilevanti si sono verificati nel complesso dei paesi della Comunità economica europea (+ 32%) e nel Venezuela (+ 22%); quelli meno rilevanti negli Stati Uniti (+ 7%), nell'URSS (+ 7%) e nel Messico (+ 4%). Nell'ambito della CEE, i Paesi Bassi hanno avuto l'aumento di produzione più rilevante (+ 55%); segue la Germania occidentale con il 25%, l'Italia con il 15%, e la Francia con il 14%.

b) DISPONIBILITÀ DELLE FONTI ENERGETICHE

Nelle tabelle 4 e 5 sono indicate le riserve mondiali di carbone e di lignite nel mondo e nei principali comparti geografici mondiali secondo le valutazioni espresse nel 1968 dalla World Energy Conference. Esse risultano dell'ordine di alcune migliaia di volte il consumo mondiale di combustibili solidi nel 1969, per cui non è da temere, neppure a lunghissima scadenza, una loro insufficienza. Se la produzione mondiale di combustibili solidi nel mondo ha progredito negli ultimi tempi con ritmo inferiore

TABELLA 4

Riserve mondiali di carbone.

	Riserve totali misurate e valutate (10 ⁶ t. m.)	Riserve misurate (10)	
		10 ⁶ t. m.	% rispetto al totale
<i>America</i>	1.190.696	118.679	26,01
di cui: Stati Uniti	1.100.000	72.000	15,78
Canada	61.000	42.600	9,34
<i>Europa Occidentale</i>	93.143	88.069	19,30
di cui: Belgio	1.796	495	0,11
Francia	2.800	(11)	
Germania Federale	70.000	70.000	15,34
Paesi Bassi	2.394	2.394	0,52
 Totale CECA	76.991	72.889	15,97
 Gran Bretagna	15.500	12.227	2,68
 <i>Medio Oriente</i>	2.360	205	0,04
 <i>Estremo Oriente e Oceania</i>	147.410	23.492	5,15
di cui: India	106.260	12.710	2,79
Giappone	19.248	5.723	1,25
Australia	16.000	3.000	0,66
 <i>Africa</i>	85.474	41.658	9,13
di cui: Sud Africa	72.465	36.873	8,08
 <i>Paesi ad economia collettivista</i>	5.192.418	184.235	40,37
di cui: Polonia	45.741	32.425	7,11
URSS	4.121.603	145.123	31,80
Cina	1.011.000	(11)	
 Totale mondo	6.711.501	456.338	100,00

Fonte: World Power Conference, *Survey of energy resources* 1968, tabella 2.

(10) Riferite a giacimenti di spessore non inferiore a 30 cm, posti a non oltre 1200 m di profondità.

(11) Il dato non è censito.

a quella dei combustibili liquidi e gassosi, ciò non è dovuto a limiti imposti dalla consistenza delle riserve ma, come noto, a problemi di altra natura, quali la serrata competizione delle altre fonti primarie, la minore flessibilità di impiego, le misure di sicurezza sempre più severe per l'esercizio delle miniere ecc.

TABELLA 5

Riserve mondiali di lignite.

	Riserve totali misurate e valutate (10 ⁶ t. m.)	Riserve misurate (12)	
		10 ⁶ t. m.	% rispetto al totale
<i>America</i>	440.099	22.005	8,18
di cui: Stati Uniti	406.000	9.400	3,49
Canada	24.100	12.250	4,55
<i>Europa Occidentale</i>	28.922	75.548	28,09
di cui: Italia	524	169	0,06
Jugoslavia	26.600	11.506	4,28
Germania Federale	(13)	62.000	23,05
<i>Medio Oriente</i>	1.881	251	0,09
<i>Estremo Oriente e Oceania</i>	100.440	51.006	18,96
di cui: India	2.063	(13)	
Giappone	1.733	238	0,09
Australia	95.600	48.400	17,99
<i>Africa</i>	33	18	0,01
<i>Paesi ad economia collettivista</i>	1.469.962	120.154	44,67
di cui: Bulgaria	1.117	1.117	0,42
Cecoslovacchia	9.857	8.234	3,06
Polonia	14.862	6.449	2,40
URSS	1.406.380	104.354	38,80
<i>Totale mondo</i>	2.041.336	268.982	100,00

Fonte: World Power Conference, *Survey of energy resources* 1968, tabella 3.

(12) Riferite a giacimenti di spessore generalmente non inferiore a 30 cm, posti a non oltre 500 m di profondità.

(13) Il dato non è censito.

La tabella 6 espone una stima delle riserve mondiali di petrolio grezzo dal 1950 al 1969 e per ogni anno di tale periodo indica la produzione cumulativa a partire dal 1859. Le riserve accertate a fine 1969 sono superiori a 33 volte i consumi mondiali del 1969; questo dato potrebbe indurre

TABELLA 6

*Riserve e produzione mondiali di petrolio grezzo.
(miliardi di t)*

Anno	Riserve accertate alla fine dell'anno (A)	Produzione cumulativa alla fine dell'anno a partire dal 1859 (B)	$\frac{B \times 100}{A}$
1950	12,2	9,5	78
1951	14,9	10,8	72
1952	15,9	11,5	72
1953	18,9	12,2	65
1954	21,6	12,8	59
1955	25,0	13,5	54
1956	32,2	14,2	44
1957	34,5	15,3	44
1958	36,5	16,2	44
1959	38,9	17,3	44
1960	39,9	18,6	47
1961	41,2	19,6	48
1962	43,2	21,1	49
1963	44,7	22,3	50
1964	46,1	23,7	51
1965	50,4	25,2	50
1966	55,6	26,8	48
1967	56,5	28,6	51
1968	62,5	30,6	49
1969	71,4	32,7	46

Fonte: Rielaborazione di dati da: SAM H. SCHURR, *Energy*, in « Scientific American », settembre 1963; « The oil and gas journal », 30 dicembre 1963, 28 dicembre 1964, 27 dicembre 1965, 26 dicembre 1966, 25 dicembre 1967, 30 dicembre 1968, 29 dicembre 1969 e « Petroleum Press Service », gennaio 1968, gennaio 1969 e gennaio 1970.

a qualche apprensione avuto riguardo al ritmo di aumento particolarmente elevato dei consumi dei combustibili liquidi. È però da tener presente che le attività di ricerca per l'identificazione di nuovi giacimenti progrediscono con ritmo paragonabile a quello che caratterizza l'andamento dei consumi. È peraltro opinione diffusa tra gli esperti che almeno per i prossimi decenni non si avranno a temere, su scala mondiale, insuffi-

cienze nella disponibilità dei combustibili liquidi in quanto le disponibilità effettive di petrolio grezzo sarebbero notevolmente superiori a quelle sinora accertate.

TABELLA 7

Riserve mondiali di gas naturale.
(miliardi di m³)

	1962	1967	1968	1969
<i>America</i>	10.360	11.545	11.432	14.068
di cui: Venezuela	935	900	779	708
Stati Uniti	7.788	8.285	8.334	8.014
Canada	1.020	1.359	1.317	1.434
<i>Estremo Oriente</i>	555	1.134	1.493	1.911
di cui: Pakistan	425	575	708	991
<i>Medio Oriente</i>	5.616	6.286	6.337	6.662
di cui: Iran	1.841	3.101	2.832	2.832
Kuwait	935	977	1.107	1.104
Arabia Saudita	1.274	991	1.218	1.416
<i>Africa</i>	126	4.698	4.767	5.582
di cui: Algeria	—	3.964	3.823	4.248
Libia	105	425	566	850
<i>Europa Occidentale</i>	512	3.793	3.998	4.270
di cui: Francia	227	241	241	300
Italia	142	156	184	178
Paesi Bassi	74	2.322	2.327	2.330
Gran Bretagna	—	708	850	991
Germania	42	241	289	343
<i>Paesi ad economia collettivista</i>	2.385	6.102	9.713	9.911
di cui: URSS	2.124	5.663	9.203	
<i>Totale mondo</i>	19.554	33.558	37.740	42.404

Fonte: Per il 1962: International Petroleum Institute, *International Petroleum Industry*, New York 1965, p. 10; «The oil and gas journal» del 26 dicembre 1966, 25 dicembre 1967, 30 dicembre 1968 e 29 dicembre 1969.

La tabella 7 riporta una stima delle riserve di gas naturale accertate nel 1962, e nell'ultimo triennio nel mondo e nei principali comparti geografici; per esse valgono considerazioni analoghe a quelle svolte per i combustibili liquidi.

L'incidenza relativa del contributo della fonte idraulica va gradualmente diminuendo di importanza in quanto le disponibilità non ancora utilizzate si vanno rapidamente assottigliando, almeno nella maggior parte dei paesi industrializzati: infatti, mentre nel 1920 la fonte idrica forniva più della metà della produzione mondiale di energia elettrica, negli ultimi anni il suo apporto si è ridotto a circa un quarto del totale e continuerà a diminuire nel seguito. Le risorse idrauliche competitive non ancora utilizzate nel mondo sono stimate infatti in circa 4.000 miliardi di kWh annui, una cifra cospicua ma tuttavia probabilmente inferiore ai nuovi fabbisogni di energia elettrica che dovranno essere soddisfatti nel prossimo decennio. La maggior parte di tali risorse si trovano in paesi in via di sviluppo o in zone remote, molto distanti da centri industriali e di consumo: la loro eventuale utilizzazione non potrà quindi che procedere di pari passo con lo sviluppo industriale e del reddito individuale in queste aree.

Per quanto riguarda l'uranio, è il caso di ricordare anzitutto che fatta eccezione degli impieghi militari, che peraltro hanno una incidenza modesta, la sua utilizzazione è pressoché totalmente limitata alla produzione di energia elettrica; né sono per il momento prevedibili grandi sviluppi di altri impieghi.

I dati relativi alle riserve mondiali di minerali di uranio a basso costo di estrazione riguardano essenzialmente le disponibilità accertate durante il decennio 1950-1960, quando massima era la richiesta di uranio per applicazioni militari. Tali disponibilità sono ritenute sufficienti ad assicurare il combustibile nucleare necessario per tutta la vita degli impianti nucleari che verranno presumibilmente ordinati nel mondo entro il 1980. Ma a partire dal 1966-67, a seguito del notevole sviluppo delle centrali nucleari, in molti paesi del mondo sono state riprese attivamente le campagne di prospezione per il reperimento di nuove disponibilità di minerali di uranio a costo di estrazione accettabile.

Tali campagne hanno già portato al ritrovamento di numerosi giacimenti, alcuni dei quali di notevole capacità; da questi elementi e da altre considerazioni discende la convinzione oggi prevalente secondo cui le disponibilità effettive di uranio sono sufficienti per assicurare un ampio sviluppo delle centrali nucleari anche nel lungo termine. In futuro inoltre i reattori autofertilizzanti permetteranno una utilizzazione del contenuto energetico potenziale dell'uranio pari a 50-100 volte quella oggi conseguibile e renderanno quindi economicamente utilizzabili le ingenti risorse conosciute di minerali di uranio ad elevato costo di estrazione: ne segue che con l'avvento dei reattori autofertilizzanti competitivi il problema della disponibilità delle materie prime necessarie per la fabbricazione degli elementi di combustibile per le centrali nucleari sarebbe risolto per tempi che vanno ben al di là di ogni possibilità di previsione.

c) DISPONIBILITÀ E CONSUMO DI FONTI ENERGETICHE IN ITALIA E LORO IMPIEGO PER PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA

La figura 2 illustra sinteticamente i dati principali del bilancio energetico italiano relativo al 1969 ⁽¹⁴⁾, elaborato secondo lo schema adottato dalla Commissione consultiva per l'energia del nostro Ministero dell'in-

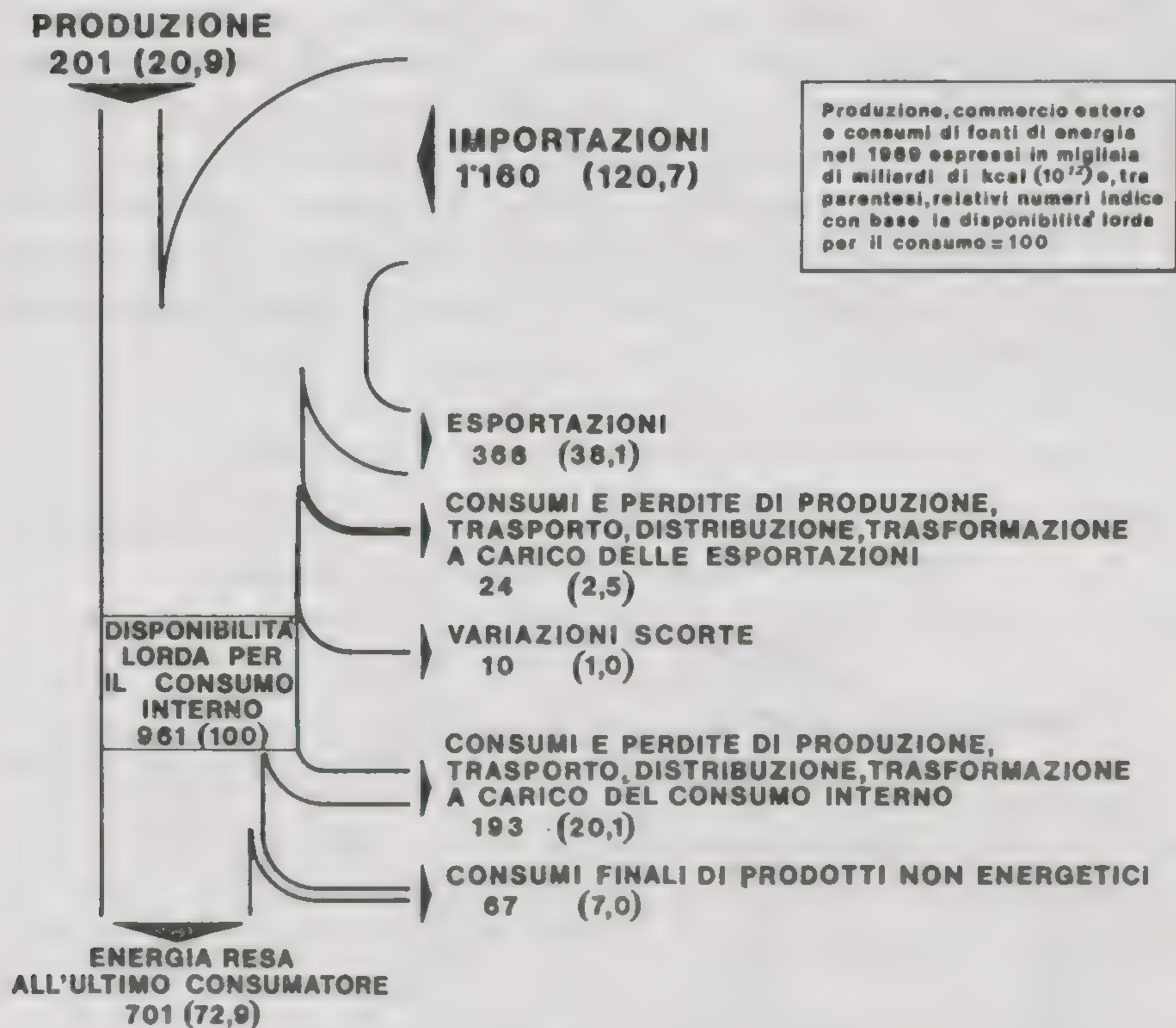


Fig. 2.

dustria. Nel 1969 la disponibilità lorda globale (costituita dalla produzione nazionale di fonti primarie e dall'importazione di fonti primarie e secondarie) è stata di 1.361 mila miliardi di kcal, con un aumento, rispetto al 1968, dell'8,1%, mentre il consumo finale, avendo totalizzato 701 mila miliardi di kcal, è aumentato dell'8%.

(14) Per alcuni elementi, mancano ancora dati definitivi per cui questo bilancio potrà subire qualche variante di lieve momento, tale comunque da non infirmare le considerazioni qui contenute.

Il consumo finale di fonti energetiche nel 1968 era aumentato rispetto all'anno precedente dell'8,6%, mentre nel 1969 l'aumento è stato più modesto, e cioè pari all'8% prima indicato.

Pur mantenendosi a livelli elevati, nel 1969 il ritmo di espansione del consumo finale ha accusato una flessione determinata da una sensibile contrazione dell'attività industriale nell'ultimo quadrimestre dell'anno.

In particolare l'attenuazione nello sviluppo del consumo di fonti di energia è stata sensibile per i derivati petroliferi, che trovano nell'industria un importante settore di impiego. Il tasso di aumento è infatti sceso dall'11,3% del 1968 al 10% circa. Esso risulta comunque superiore, anche nel 1969, a quello del consumo energetico globale.

Le disponibilità energetiche italiane e l'incidenza percentuale dell'energia impiegata nelle centrali elettriche rispetto alla disponibilità lorda per il consumo interno italiano per il periodo 1964-1969 sono riportate nella tabella 8.

TABELLA 8

Incidenza percentuale dell'energia impiegata nelle centrali elettriche rispetto alla disponibilità lorda per il consumo interno italiano.

Anni	Disponibilità energetiche al netto di esportazioni e variazioni scorte ⁽¹⁵⁾ in 10 ¹² kcalorie <i>a</i>	Energia impiegata nelle centrali elettriche	
		in 10 ¹² kcalorie <i>b</i>	in percentuale delle disponibilità totali $c = (b : a) \times 100$
1964	647,7	143,5	22,2
1965	694,4	152,0	21,9
1966	759,6	165,9	21,8
1967	826,3	184,0	22,3
1968	905,8	199,1	22,0
1969 ⁽¹⁶⁾	985,0	217,0	22,0

Fonte: Bilanci energetici del Ministero industria.

⁽¹⁵⁾ Fonti primarie di produzione nazionale ed importate più fonti secondarie importate come tali, dedotti le esportazioni, i bunkeraggi ed il movimento delle scorte. Le cifre di questa colonna sono pertanto la somma delle due voci « Disponibilità lorda per il consumo interno » e « Consumi di produzione, trasporto, distribuzione, trasformazione a carico delle esportazioni ».

⁽¹⁶⁾ I dati del 1969 sono provvisori e quindi largamente approssimativi. Risultano da stime coordinate secondo lo schema del bilancio energetico del Ministero dell'industria.

L'incidenza dei combustibili impiegati per la produzione termoelettrica (tradizionale e nucleare) sulla disponibilità lorda di combustibili per il consumo interno tende ad aumentare; ciò è dovuto al fatto che i nuovi fabbisogni di energia elettrica in Italia sono ormai soddisfatti in misura del tutto prevalente mediante la produzione termoelettrica. L'incidenza è continuamente aumentata dal 1966 al 1969, passando dal 14% a circa il 16%.

Secondo l'evoluzione da tempo in atto nel settore energetico, la maggior parte del consumo finale è soddisfatta con ritmo crescente dagli idrocarburi: nel 1969, in base ai dati provvisori, di cui si dispone, la loro quota può essere stimata nel 77,5%, alla quale i derivati petroliferi contribuiscono con il 66,6% e il gas naturale con il 10,9%.

La quota relativa all'energia elettrica ha toccato l'11,7% e, pur essendo diminuita, non si discosta in modo sostanziale da quella accertata negli ultimi anni, che si è aggirata intorno al 12%. Lievemente in regresso appare l'apporto, alquanto esiguo, dei gas manifatturati e decisamente verso la diminuzione quello dei combustibili solidi, che nel 1969 rappresentavano soltanto il 9% circa del consumo finale globale.

III. - L'energia elettrica.

a) PRODUZIONE E CONSUMO DI ENERGIA ELETTRICA NEL MONDO

L'andamento della produzione mondiale di fonti commerciali di energia e di energia elettrica nel periodo compreso tra il 1920 e il 1969 è dato dalla tabella 9, da cui emerge che la produzione di energia elettrica è costantemente aumentata in misura alquanto maggiore della produzione complessiva di fonti primarie.

Quest'ultima dal 1950 al 1969 è aumentata di circa due volte e mezzo mentre la prima è quasi quintuplicata.

Poiché la domanda globale lorda di energia elettrica nel mondo, che poco differisce dalla produzione, progredisce molto più rapidamente della domanda delle altre fonti prese nel loro complesso, una parte sempre più rilevante della produzione di queste ultime viene convertita in energia elettrica.

Le previsioni fatte recentemente per alcuni Paesi, di gran lunga preponderanti per quanto riguarda il consumo di energia elettrica e di fonti primarie, inducono a ritenere che anche nel prossimo futuro il fabbisogno di energia elettrica progredirà con un tasso di incremento notevolmente più elevato di quello della domanda complessiva delle fonti primarie di energia prese nel loro insieme.

TABELLA 9

Produzione mondiale di fonti commerciali di energia e di energia elettrica.

Anno	Produzione fonti commerciali ⁽¹⁷⁾			Produzione energia elettrica		
	(10 ¹² kcal)	Indice base 1920=100	Indice base 1950=100	(10 ⁹ kWh)	Indice base 1920=100	Indice base 1950=100
1920	10.678,5	100	55	123,0	100	13
1925	11.376,1	107	59	184,0	150	19
1930	12.350,9	116	64	340,0	276	35
1935	11.948,1	112	61	365,0	297	38
1940	15.139,3	142	78	580,0	472	61
1945	14.293,1	134	74		—	—
1950	19.436,8	182	100	958,0	779	100
1955	24.692,4	231	127	1.545,0	1.256	161
1960	31.548,0	295	162	2.101,0	1.708	219
1965	38.997,7	365	201	3.340,0	2.715	349
1968 ⁽¹⁸⁾	46.086,0	433	237	4.175,0	3.390	436
1969 ⁽¹⁸⁾	48.295,0	453	248	4.520,0	3.680	472

Ad esempio per quanto si riferisce agli Stati Uniti uno studio della Federal Power Commission prevede che il fabbisogno complessivo di fonti di energia aumenterà da circa 11 milioni di miliardi di calorie registrati nel 1960 a circa 21 milioni di miliardi di calorie nel 1980; le richieste aumenterebbero quindi meno di due volte; viceversa il fabbisogno di energia elettrica, elevandosi da 846 miliardi di kWh nel 1960 a 2.820 miliardi di kWh nel 1980, risulterebbe più che triplicato nello stesso periodo. Ne segue che il fabbisogno di fonti primarie per la produzione di energia elettrica (fonti di energia in genere, cioè combustibili, energia idrica ed energia nucleare) aumenterà in senso relativo molto di più del fabbisogno globale e che la percentuale di tali fonti di energia impiegata per la produzione di energia elettrica, che nel 1960 è stata del 20%, supererà il 30% nel 1980.

Quanto osservato per gli Stati Uniti vale anche per l'insieme dei paesi europei facenti parte dell'OCDE (Europa occidentale, Turchia e Grecia)

⁽¹⁷⁾ Include: carbone, lignite, petrolio, gas naturale ed energia idroelettrica; la sintesi in termini di contenuto energetico è stata ottenuta utilizzando i seguenti coefficienti di conversione: carbone 7400 kcal/kg, gas naturale 8200 kcal/kg, energia idroelettrica 1100 kcal/kWh misurata ai morsetti dell'alternatore, lignite 3700 kcal/kg, petrolio 10.000 kcal/kg.

⁽¹⁸⁾ Dati provvisori o stimati.

per i quali uno studio effettuato nel 1966 dalla OCDE prevede per il 1980 un fabbisogno totale di energia primaria di 2.050 milioni di tonnellate di carbone equivalente contro un fabbisogno consuntivo di 867 milioni nel 1960; anche in questo caso l'aumento è dell'ordine del 100%; la produzione totale netta di energia elettrica dovrebbe invece passare dai 535 miliardi di kWh del 1960 a 2.150 miliardi di kWh nel 1980, praticamente quadruplicando. L'incidenza del fabbisogno di energia primaria destinata alla produzione di energia elettrica sul fabbisogno totale di energia primaria dovrebbe aumentare nei paesi europei dell'OCDE dal 23% del 1960 al 32% del 1980.

Infine alcuni dati sulla produzione di energia elettrica dei principali paesi del mondo.

Nella tabella 10 sono riportate, per gli anni 1967, 1968 e 1969, la produzione di energia elettrica mondiale, quella dei paesi della Comunità economica europea e quella dei seguenti altri sette paesi grandi produttori: Stati Uniti, Unione Sovietica, Giappone, Gran Bretagna, Canada, Svezia e Norvegia.

In ciascuno dei sette paesi grandi produttori ora citati, ad eccezione della Svezia e della Norvegia, la produzione di energia elettrica ha segnato nel 1969 incrementi rispetto all'anno precedente, compresi tra un minimo del 6,7%, che si riscontra per la Gran Bretagna, ed un massimo del 10,0%, che si riscontra per il Giappone. In Svezia ed in Norvegia la produzione di energia elettrica nel 1969 ha segnato invece una lieve flessione rispetto all'anno precedente, essenzialmente in dipendenza delle sfavorevoli condizioni idrologiche.

Per i sei paesi della Comunità il ritmo di sviluppo è stato negli ultimi due anni particolarmente intenso (10% nel 1969 rispetto al 1968; + 8,4% nell'anno precedente): a formare la produzione 1969 hanno concorso per 111 miliardi di kWh le centrali idroelettriche, per 419 miliardi di kWh le centrali termoelettriche tradizionali e per 12 miliardi circa di kWh le centrali nucleari.

Nel 1969 la produzione di energia elettrica della Comunità economica europea e quella dell'insieme dei sette citati paesi grandi produttori hanno totalizzato un complesso di circa 3.600 miliardi di kWh, con un incremento dell'8,2% in rapporto al 1968. La produzione mondiale riportata nella tabella 10 è stata valutata assumendo, sulla base delle risultanze medie degli ultimi anni, che la produzione dei paesi prima elencati costituisce all'incirca l'80% della produzione totale mondiale e che quella dei paesi minori abbia presentato, come di frequente, una dinamica un po' più elevata di quella dei maggiori.

Si è così pervenuti a stimare che nel mondo siano stati prodotti nel 1969 circa 4.520 miliardi di kWh, l'8,3% in più dell'anno precedente.

TABELLA 10

*Produzione di energia elettrica nella Comunità economica europea
e nel mondo, negli anni 1967, 1968 e 1969.*

Paesi	Produzione in miliardi di kWh			Tasso di incremento %	
	1967	1968 ⁽¹⁹⁾	1969 ⁽¹⁹⁾	1968/67	1969/68
Comunità economica europea ⁽²⁰⁾ :					
Belgio	23,7	26,5	29,1	+ 11,5	+ 10,1
Francia	116,9	123,3	137,7	+ 5,5	+ 11,7
Germania Occident. ⁽²¹⁾	184,8	203,3	225,6	+ 10,1	+ 10,9
Italia	96,8	104,0	110,2	+ 7,4	+ 6,0
Lussemburgo	2,2	2,0	2,2	- 8,0	+ 7,7
Olanda	30,0	33,6	37,2	+ 11,9	+ 10,5
Totale ⁽²⁰⁾ . . .	454,4	492,7	542,0	+ 8,4	+ 10,0
Stati Uniti ⁽²²⁾ ⁽²³⁾ . . .	1.317,3	1.433,0	1.554,0	+ 8,8	+ 8,4
Unione Sovietica ⁽²⁰⁾ . . .	587,7	638,4	687,0	+ 8,6	+ 7,6
Giappone ⁽²⁰⁾	237,6	263,5	290,0	+ 10,9	+ 10,0
Gran Bretagna ⁽²²⁾ . . .	195,1	208,0	222,0	+ 6,6	+ 6,7
Canada ⁽²²⁾	164,8	175,4	190,0	+ 6,4	+ 8,3
Svezia ⁽²⁰⁾	53,8	56,3	55,8	+ 4,6	- 0,9
Norvegia ⁽²²⁾	52,8	60,1	59,3	+ 13,8	- 1,3
Totale Comunità economica europea e sette principali produttori estranei alla Comunità	3.063,5	3.327,4	3.600,1	+ 8,6	+ 8,2
Altri paesi (dato stimato) .	780,5	847,6	919,9	+ 8,6	+ 8,5
Produzione mondiale nel complesso	3.844,0	4.175,0	4.520,0	+ 8,6	+ 8,3

N.B. — Le percentuali riportate nelle ultime due colonne sono calcolate sui dati di produzione non arrotondati.

⁽¹⁹⁾ Alcuni dati sono provvisori o stimati.

⁽²⁰⁾ Produzione lorda.

⁽²¹⁾ Compresa la produzione di Berlino ovest.

⁽²²⁾ Produzione netta.

⁽²³⁾ Comprese le produzioni dell'Alaska e delle Hawaii.

b) PRODUZIONE E CONSUMO DI ENERGIA ELETTRICA IN ITALIA

L'andamento della produzione di energia elettrica in Italia dal 1883 al 1969 e il contributo delle singole fonti primarie di energia è rappresentato nella fig. 3. Negli ultimi cinquant'anni l'andamento delle richieste di energia elettrica è stato tale da comportare mediamente il raddoppio della produzione ogni decennio; negli ultimi quindici anni il ritmo di espansione è stato ancora più rapido, con un raddoppio della produzione ogni 8-9 anni.

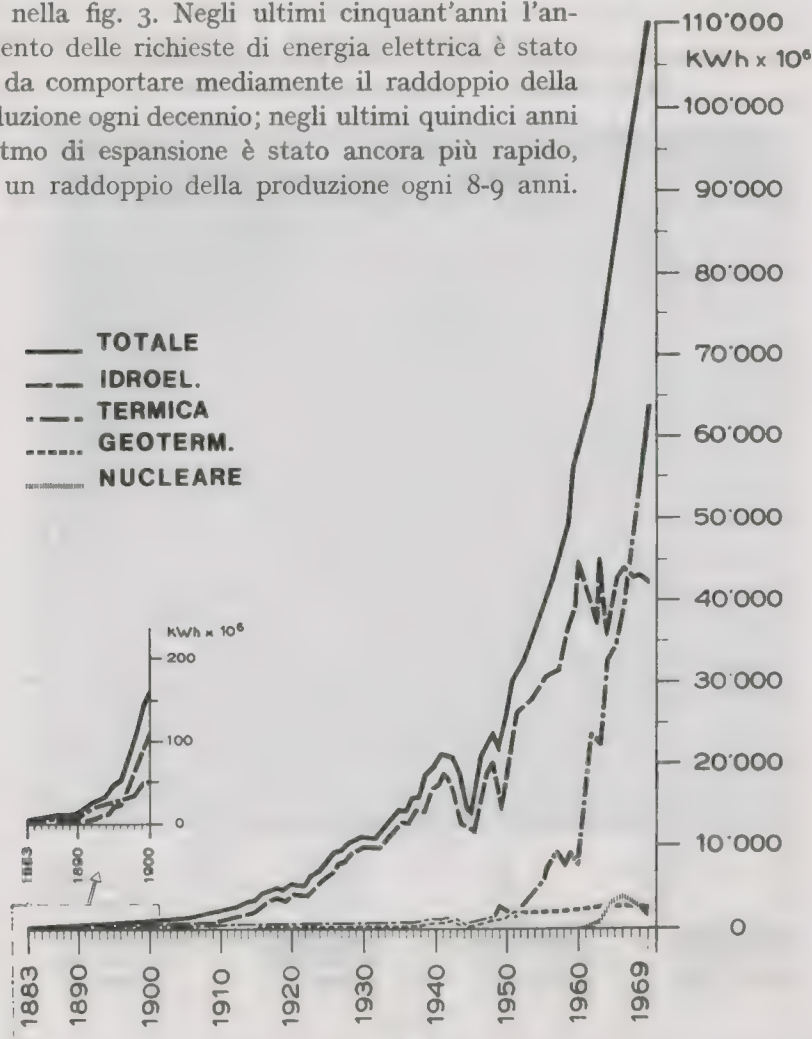


Fig. 3.

Nel 1969 alla produzione complessiva di 110,2 ⁽²⁴⁾ miliardi di kWh hanno contribuito per 42 miliardi la fonte idraulica, per 63,7 miliardi

(²⁴) Al lordo dei consumi ausiliari degli impianti di produzione. La produzione al netto di tali consumi è risultata di 106,1 miliardi di kWh.

la termica tradizionale, per 2,8 miliardi la geotermica e per 1,7 miliardi la nucleare.

Il consumo di energia elettrica ⁽²⁵⁾ ha raggiunto nel 1969 il livello di 95,8 miliardi di kWh. Il suo tasso di espansione, pari a circa il 6%, è

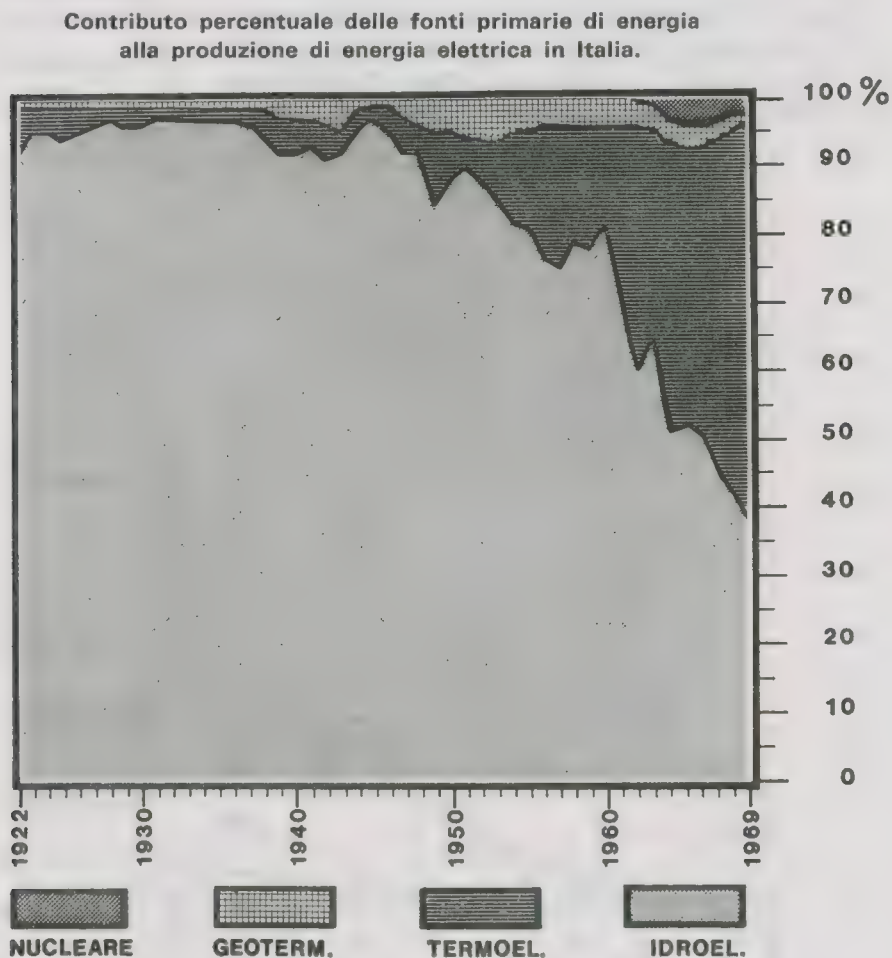


Fig. 4.

stato inferiore a quello del consumo finale globale di energia in genere ed a quello registrato dal consumo di energia elettrica negli ultimi anni, che era risultato superiore all'8%.

⁽²⁵⁾ Con esclusione, dato il metodo applicato, del consumo interno relativo ai settori produttori, trasformatori e distributori di energia.

Con riguardo alla produzione delle centrali elettriche (idroelettriche, termoelettriche, geotermiche e nucleari) la percentuale dell'energia lorda da esse impiegata, rispetto al totale dell'energia approvvigionata per il consumo interno ⁽²⁶⁾, è rimasta nel 1969 al livello degli anni precedenti;

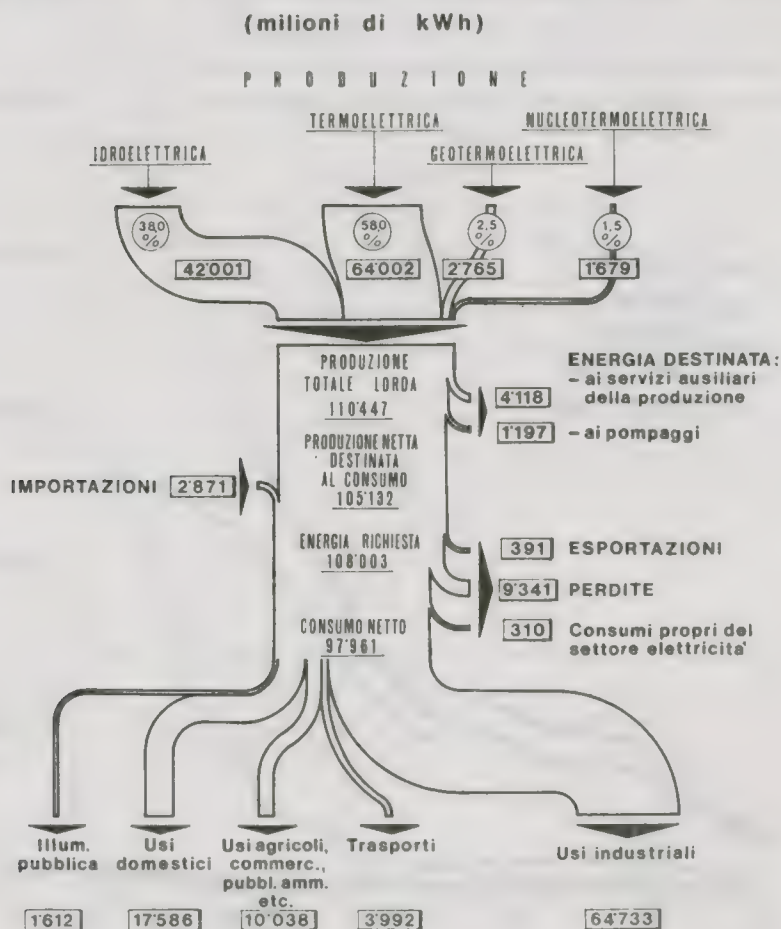


Fig. 5.

essa è risultata pari al 22%, valore che non si discosta sostanzialmente da quello riscontrato negli anni successivi al 1963.

La situazione elettrica italiana è caratterizzata dalla molteplicità delle fonti energetiche primarie cui il nostro Paese, più di ogni altra na-

⁽²⁶⁾ Così calcolata: fonti primarie di produzione nazionale ed importate più fonti secondarie importate come tali, dedotti le esportazioni, i bunkeraggi e il movimento delle scorte.

zione del mondo, attinge per soddisfare i fabbisogni. La fig. 4 indica l'incidenza percentuale di tali fonti sulla produzione di energia elettrica in Italia per il periodo dal 1922 al 1969; è evidente il declino del contributo idroelettrico: nel 1922 l'energia idroelettrica costituiva la quasi totalità della produzione e fino all'ultima guerra questa situazione è rimasta pressoché invariata, l'energia di origine termica avendo carattere solamente integrativo della compensa-

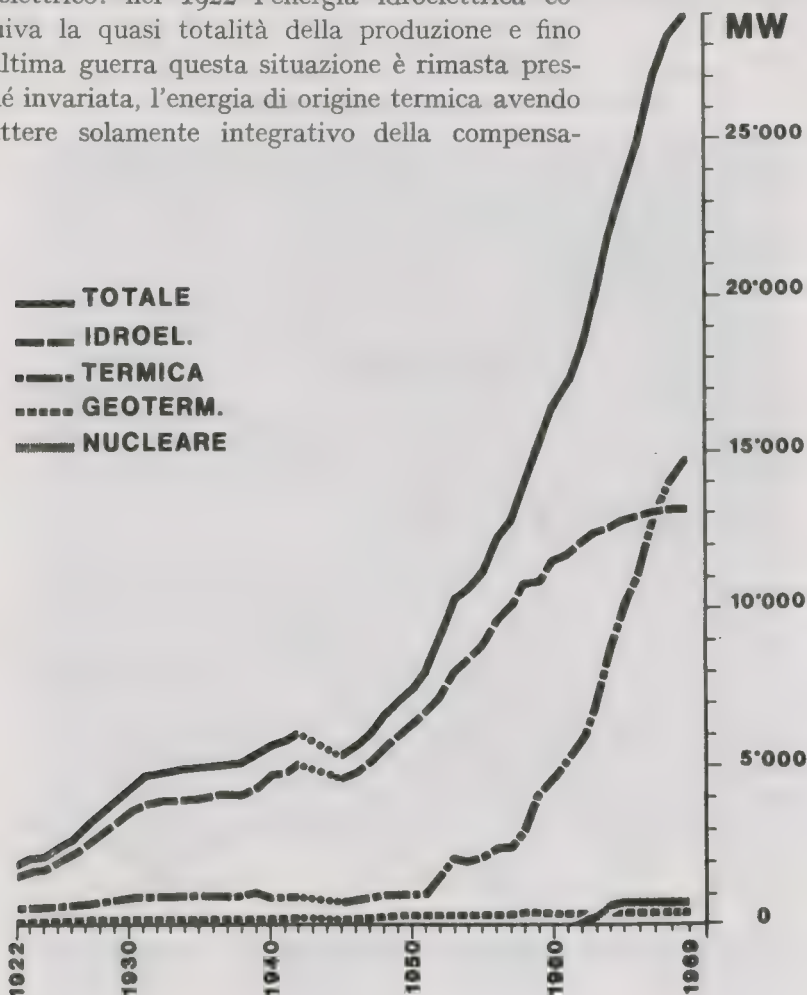


Fig. 6.

zione stagionale operata dai serbatoi; a partire dagli anni successivi al 1950 la produzione idroelettrica, pur aumentando in valore assoluto, ha dato un contributo percentuale rapidamente decrescente a motivo del progressivo esaurirsi delle risorse idrauliche competitive non ancora utilizzate. Nel 1969 meno del 40% della produzione era di origine idraulica. Di riflesso ha acquistato sempre maggiore rilievo la fonte termica tradi-

zionale grazie alla quale è stata soddisfatta nel 1969 più della metà del fabbisogno nazionale.

Ancora modesto è invece percentualmente il contributo dell'energia nucleare, e ciò nonostante l'Italia sia tuttora il terzo produttore del mondo di energia elettrica di origine nucleare dopo Gran Bretagna e Stati Uniti; il declino del contributo nucleare che si nota nella fig. 4 per gli ultimi due anni è essenzialmente dovuto alla indisponibilità temporanea di una delle nostre tre centrali nucleari, quella di Trino Vercellese; in ogni caso, come si dirà diffusamente più avanti, il ruolo dell'energia nucleare è destinato ad acquistare importanza sempre maggiore. La produzione geotermoelettrica, della quale il nostro paese è da molti decenni il maggiore produttore del mondo, oltrepassa i 2 miliardi e 600 milioni di kWh.

La fig. 5 illustra il bilancio nazionale dell'energia elettrica nel 1969 e mette in luce sia il contributo delle singole fonti primarie e delle importazioni ed esportazioni, sia le utilizzazioni finali e la loro incidenza.

Nella fig. 6 è indicato l'andamento dal 1922 al 1969 della potenza efficiente totale degli impianti italiani e dei diversi tipi di centrale; la consistenza delle centrali elettriche italiane a fine 1969 è riportata nella tabella II.

TABELLA II

Potenza efficiente degli impianti elettrici di produzione italiani a fine 1969.

Tipo di impianto	Potenza efficiente (MW)
Idroelettrici	13.227
Termoelettrici	14.809
Geotermoelettrici	384
Nucleari	617
Totale	29.037

La punta massima della richiesta di potenza del sistema elettrico italiano ha sfiorato nel 1969 i 19 milioni di kW: essa si verifica nel periodo invernale, in genere nel mese di dicembre. Il rapporto tra potenza efficiente degli impianti e potenza di punta può sembrare piuttosto alto; ciò è soprattutto dovuto al fatto che durante il periodo invernale di massimo carico la potenza resa disponibile dagli impianti ad acqua fluente dell'Italia settentrionale è piuttosto limitata.

IV. - Prospettive di sviluppo dell'energia elettrica in Italia. Programmi di nuove costruzioni.

Come già visto, lo sviluppo della richiesta di energia elettrica in Italia ha progredito negli ultimi cinquant'anni con andamento esponenziale; l'incremento annuo medio composto è stato prossimo al 7%, cui ha corrisposto un raddoppio del fabbisogno in ogni decennio; negli ultimi venti anni il ritmo di incremento è stato ancora più rapido, tale da comportare il raddoppio dei fabbisogni ogni otto-nove anni.

L'andamento esponenziale delle richieste e l'entità degli incrementi annui non rappresentano una caratteristica esclusiva della situazione italiana, ma sono comuni alla totalità delle Nazioni che hanno raggiunto un certo grado di sviluppo; alcuni decenni addietro Ailleret ⁽²⁷⁾ aveva messo in luce, anche sulla base di elementi statistici, come i fabbisogni di energia elettrica nel mondo, e praticamente in tutte le Nazioni, grosso modo raddoppiano ogni dieci anni. Questa constatazione ha trovato e trova tuttora conferma nell'evoluzione della richiesta di energia elettrica di Nazioni che pure presentano gradi di sviluppo industriale e consumi energetici pro-capite molto diversi.

Per far fronte al rapido aumento dei consumi, l'esercente elettrico deve soddisfare un fabbisogno crescente di energia, di potenza e di capacità di regolazione.

Nella fig. 7 sono riportati i valori effettivi della richiesta italiana di energia elettrica dal 1953 al 1969 e le previsioni di sviluppo effettuate dall'Enel per il prossimo decennio secondo tre ipotesi.

L'ipotesi mediana rappresenta la estrapolazione della curva di tendenza delle richieste effettive del periodo 1953-1969 e porta a prevedere un fabbisogno complessivo nel 1979 di circa 240 miliardi di kWh, valore più che doppio di quello relativo al 1969.

L'ipotesi minima prevede un tasso di incremento annuo del 7% (inferiore a quello medio degli ultimi venti anni) e conduce a una richiesta per il 1979 di circa 215 miliardi di kWh, valore all'incirca doppio di quello del 1969.

L'ipotesi di incremento massimo prevede fino al 1976 un tasso di incremento annuo dell'8,9%, con una ulteriore maggiorazione per tener conto di fattori accidentali, sui quali non è qui il caso di soffermarsi; i fabbisogni per gli anni dal 1976 al 1979 sono invece calcolati applicando

(27) Già direttore studi e ricerche ed ora consulente dell'Electricité de France, noto per i suoi lavori in campo tecnico ed economico.

al fabbisogno previsto per il 1976 un tasso di incremento annuo corrispondente a quello della tendenza del periodo 1953-1969, e cioè l'8,14% al-

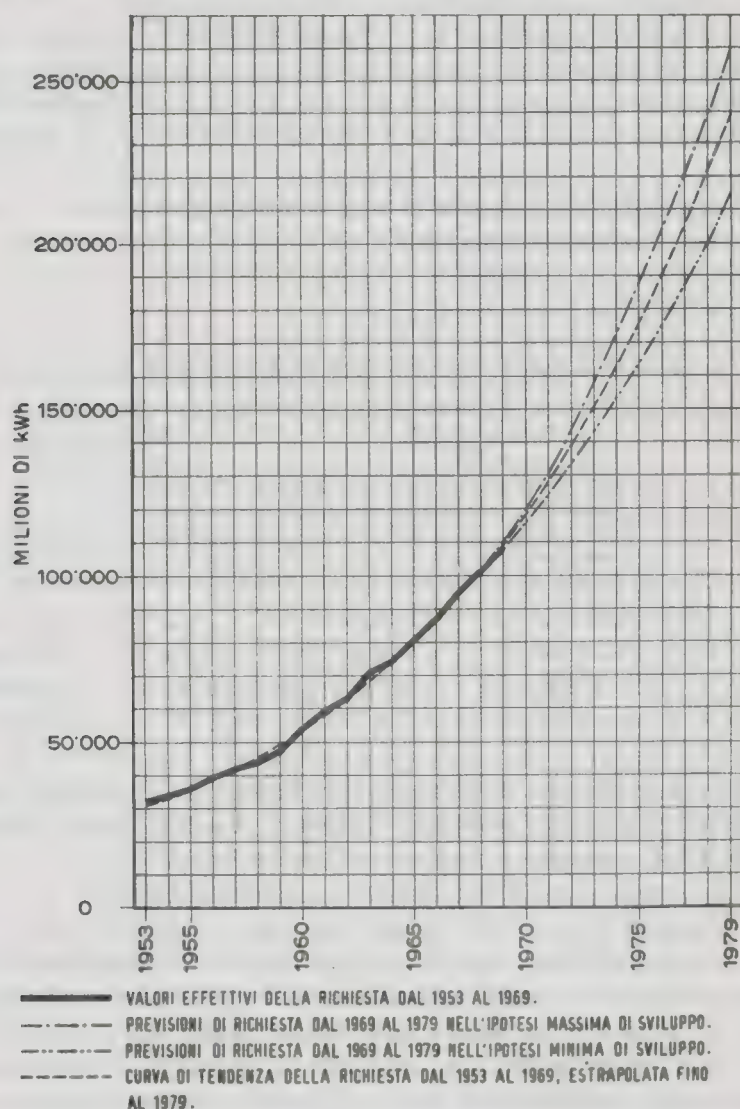


Fig. 7.

l'anno; l'ipotesi massima porta a prevedere un fabbisogno di energia nel 1979 di 259 miliardi di kWh.

Ed ora alcune considerazioni sui prevedibili fabbisogni di potenza. L'andamento della richiesta massima di potenza in Italia è stato simile a quello della richiesta di energia: in effetti mentre l'incremento annuo

medio del fabbisogno di energia elettrica è stato nel periodo 1953-1969 dell'8,14%, l'incremento della punta annuale di potenza è risultato leggermente superiore, pari all'8,67%. Per quanto riguarda l'evoluzione futura, ci si limiterà a ricordare la previsione secondo cui la punta massima della rete italiana dovrebbe passare da circa 19 milioni di kW registrati nel 1969 a un valore per l'anno 1979 compreso tra 40,5 milioni di kW (ipotesi di sviluppo minimo) e 50,2 milioni di kW (ipotesi di sviluppo massimo).

Le previsioni della domanda globale nazionale di potenza e di energia elettrica sono contenute nella tabella 12.

TABELLA 12

Previsione della domanda globale nazionale di potenza e di energia elettrica.

Anni	Potenza elettrica in MW		Energia elettrica in milioni di kWh	
	Ipotesi di incremento massimo	Ipotesi di incremento minimo	Ipotesi di incremento massimo	Ipotesi di incremento minimo
1976	39.200	32.600	204.800	176.000
1977	42.500	35.100	221.500	188.400
1978	46.200	37.700	239.500	201.600
1979	50.200	40.500	259.000	215.700

A queste previsioni si perviene con l'adozione di metodi sintetici (fondati su dati statistici globali) e di metodi analitici (basati su analisi settoriali e della situazione di ciascuna area servita).

L'esperienza acquisita in passato al riguardo, lo studio dell'evoluzione dei consumi in paesi che hanno raggiunto un grado di industrializzazione maggiore del nostro e consumi pro-capite di energia elettrica sensibilmente superiori a quelli italiani, ed altri elementi e considerazioni, inducono ad attribuire un buon grado di attendibilità alle previsioni sopra esposte e a ritenere quindi che, salvo eventi eccezionali, le richieste di energia elettrica in Italia nel prossimo decennio saranno effettivamente comprese tra i valori minimi e massimi indicati nella fig. 7.

Tra otto-dieci anni il fabbisogno di energia elettrica e di potenza sarà perciò doppio dell'attuale: ciò significa che negli otto-dieci anni che ci separano da oggi, dovranno essere realizzati impianti aventi una capacità di produzione uguale a quella di tutti gli impianti che sono stati costruiti dai primordi dell'industria elettrica fino ad oggi; la stessa conclusione vale per le linee di trasmissione dell'energia, le stazioni di trasfor-

mazione, il sistema di distribuzione; questa considerazione, più di ogni altra, vale a dare una idea concreta della natura spiccatamente dinamica dell'industria elettrica e dell'entità dei problemi tecnici, economici e finanziari che essa deve risolvere.

Nella situazione in cui per produrre energia elettrica si attinge ad una notevole varietà di fonti primarie, il problema fondamentale è quello di far fronte ai nuovi fabbisogni mediante un programma di nuove costruzioni che soddisfi anzitutto l'esigenza di massima economia, con riguardo all'intero ciclo produttivo che dalle fonti primarie si estende sino alla consegna dell'energia all'utenza, e nello stesso tempo assicuri la realizzazione di alcuni requisiti essenziali del servizio, quali l'elasticità del sistema di produzione, la sua prontezza di risposta alle rapide variazioni di carico, la riserva di potenza statica e rotante, che occorre per fronteggiare situazioni di emergenza ecc.

Ed ora alcune considerazioni sui prevedibili sviluppi dei diversi tipi di impianto.

Per quanto si riferisce alla produzione idroelettrica, come già visto, resta poco da fare; infatti, l'utilizzazione di tutte le risorse competitive italiane potrà portare al massimo ad un ulteriore contributo dell'ordine dei 10 miliardi di kWh all'anno. La modestia di questa cifra mostra chiaramente come il ruolo della fonte idraulica per la copertura delle richieste di energia sia percentualmente destinato a diminuire molto rapidamente.

Lo sviluppo degli impianti geotermici dipenderà dall'entità delle nuove sorgenti di vapore endogeno che verranno reperite: le ricerche di questi ultimi anni, che l'Enel conduce nell'ambito di un programma di collaborazione con il Consiglio Nazionale delle Ricerche, hanno dato risultati che incoraggiano a continuare; ma qui, più ancora che in altri campi, le previsioni sono impossibili e pertanto non si può fare oggi assegnamento valido su un sostanziale contributo futuro della fonte geotermica.

Per soddisfare una parte sempre più ampia delle richieste di energia elettrica si dovrà perciò fare ricorso alle centrali termiche, tradizionali e nucleari.

In particolare è sull'energia nucleare che si potrà fare assegnamento per il futuro: infatti le centrali nucleari hanno realizzato nell'ultimo decennio progressi rapidi e sostanziali. Quando le grandi unità nucleari in corso di costruzione nel mondo avranno confermato le prestazioni tecniche ed economiche previste, il contributo dell'energia nucleare alla copertura delle richieste di energia elettrica progredirà molto rapidamente fino a diventare prevalente. E poiché l'economia della produzione nucleare si avvantaggia molto sensibilmente dell'aumento delle potenze unitarie, è il caso di aggiungere che l'interconnessione del sistema primario

di trasmissione e l'aumento della potenza globale del sistema favoriscono l'adozione di unità nucleari delle massime potenze sinora in corso di realizzazione.

Ai lineamenti dell'evoluzione degli impianti nucleari sarà dedicato un breve capitolo.

Per quanto riguarda il soddisfacimento dei fabbisogni di potenza e delle esigenze di regolazione, il graduale maggiore contributo della produzione termica e le notevoli e crescenti disponibilità di energia al costo marginale che si avranno durante le ore « vuote » o di basso carico, renderanno via via più conveniente nel sistema elettrico italiano, il ruolo degli impianti idroelettrici di accumulazione mediante pompaggio, di cui si dirà più avanti.

Infine alcuni dati sui programmi dell'Enel di costruzione di impianti di produzione.

I primi programmi annuali di nuovi impianti di generazione dell'Enel furono formulati con un anticipo di circa 5 anni rispetto alla data di entrata in servizio degli impianti stessi, perché tale intervallo appariva sufficiente a coprire i tempi necessari per ottenere le prescritte autorizzazioni amministrative alla costruzione e i tempi tecnici per la loro esecuzione.

L'esperienza recente ha dimostrato che i tempi necessari per ottenere in sede centrale e locale tutte le autorizzazioni prescritte per costruire i nuovi impianti vanno purtroppo aumentando e sono già tali che l'anticipo con il quale i programmi erano predisposti è stato prolungato di un anno. Ne segue che l'attuale programma dell'Enel riguarda tutti gli impianti che dovranno entrare in servizio entro il 1976.

Tale programma, avendo carattere immediatamente operativo, è necessariamente commisurato alla massima previsione di fabbisogno ed è stato quindi predisposto per far fronte nel 1976 alla richiesta di 39.200 MW al momento della punta invernale, che risulta dalla tabella 12.

A questo valore deve essere aggiunta una riserva fredda e rotante che, in base a condizioni statistico-probabilistiche aventi riferimento agli impianti dell'Enel, è stata valutata in 6.200 MW; in totale nel 1976 occorrerà pertanto una disponibilità di 45.400 MW.

La tabella 13 riporta la disponibilità italiana complessiva di potenza al 31-12-1969 in impianti generatori alla punta invernale e in condizioni di scarsa idraulicità.

Dalle valutazioni programmatiche effettuate, risulta pertanto che nel periodo 1970-1976 dovranno essere messi in servizio in Italia nuovi impianti aventi complessivamente una potenza disponibile alla punta invernale di circa 23.000 MW.

TABELLA 13

Disponibilità italiana complessiva di potenza in impianti generatori alla punta invernale in condizioni di scarsa idraulicità al 31 dicembre 1969.

	Potenza netta disponibile alla punta invernale in condizioni di scarsa idraulicità MW
<i>Disponibilità nazionale al 31-12-1968 . .</i> (di cui da impianti Enel)	21.549 (16.538)
<i>Variazioni 1969:</i>	
Enel impianti idroelettrici	75
Enel impianti termoelettrici	597
Enel impianti geotermoelettrici	5
Aziende municipalizzate	—
Autoproduttori	139
<i>Disponibilità nazionale al 31-12-1969 . .</i> (di cui da impianti Enel)	22.365 (17.215)

L'Enel ha attualmente in costruzione o già programmato la costruzione di impianti termici aventi una potenza complessiva di 17.825 MW, impianti nucleari per 800 MW e impianti idroelettrici, la maggior parte dei quali di pompaggio, aventi una potenza disponibile alla punta invernale in condizioni di scarsa idraulicità di 3.146 MW, per un totale di 21.771 MW.

L'ubicazione degli impianti di produzione dell'Enel in costruzione o programmati alla fine del 1969 è indicata nella cartina di fig. 8.

Per l'importanza che rivestono agli effetti del sistema produttivo energetico italiano, nei due capitoli che seguono saranno svolte alcune considerazioni sulla situazione e sulle prospettive degli impianti nucleari e degli impianti idroelettrici destinati alla regolazione profonda del diagramma nazionale di carico.

V. - Situazione e prospettive dell'energia nucleare.

La tecnica nucleare ha registrato nell'ultimo ventennio progressi rapidissimi, paragonabili soltanto a quelli relativi agli elaboratori elettronici e alle applicazioni spaziali.

Nel 1951 fu prodotta per la prima volta energia elettrica da fonte nucleare negli Stati Uniti, mediante un impianto sperimentale (l'EBR-1)

previsto originariamente per altri scopi; la prima centrale nucleare sperimentale, di potenza peraltro assai modesta (5 MW), entrò in servizio nel 1954 in Russia.

Nel periodo 1955-60 furono realizzati nel mondo diversi prototipi di impianti destinati alla sperimentazione di diverse filiere per potenze significative; le favorevoli indicazioni tecniche che ne derivarono indus-



Fig. 8.

sero ad impostare le prime iniziative di carattere industriale: a partire dal 1960 entrarono in funzione le prime centrali nucleari « dimostrative di potenza » in quanto di potenza rilevante (100 ÷ 300 MW); questi impianti, tra i quali rientrano quelli italiani di Latina, del Garigliano e di Trino Vercellese producono energia elettrica a costi alquanto superiori a quelli degli impianti tradizionali; essi hanno tuttavia permesso, attraverso l'esperienza acquisita con la loro progettazione costruzione ed esercizio, di incrementare in modo sostanziale le conoscenze, rendendo possibile un rapido ed intenso sviluppo tecnologico.

Il nostro paese, ponendo sul « banco di prova » dell'esercizio tre impianti appartenenti alle filiere dette « di tipo provato » ha contribuito

in misura tutt'altro che trascurabile all'avanzamento della tecnica nucleare, sostenendo oneri cospicui derivanti dal maggior costo dell'energia e dalle esigenze di riserva dovute alla scarsa affidabilità di impianti sperimentali. Se si pone mente al fatto che tale riserva si è resa necessaria in misura molto maggiore di quella normalmente prevista per gli impianti tradizionali si può comprendere come il costo di questa sperimentazione risulti, semplicemente per questa voce, dell'ordine delle decine di miliardi di lire.

Furono i progressi tecnologici ed economici realizzati con gli impianti dimostrativi di potenza costruiti all'estero ed in Italia che resero possibile attorno al 1965 l'avvio della costruzione in USA di alcune unità nucleari di potenza molto elevata ($500 \div 600$ MW), che presentavano costi preventivati di impianto e del ciclo del combustibile nucleare tali da risultare competitivi con quelli relativi ad impianti tradizionali. Dal 1965 le ordinazioni di unità nucleari di potenza via via più elevata (fino a 1.200 MW) si sono susseguite negli Stati Uniti con ritmo molto intenso.

Anche al di fuori degli Stati Uniti numerose iniziative dimostrano come la fiducia nella competitività dell'energia nucleare mediante centrali di potenza elevata si vada ormai consolidando tra i produttori.

L'intenso sviluppo degli impianti nucleari è chiaramente confermato dai dati della tabella 14, nella quale sono indicate le unità nucleari in centrali di potenza uguale o superiore a 100 MW in esercizio, in costruzione o comunque ordinate nel mondo al 31 dicembre 1969. Alla fine del 1969 erano in funzione oltre 60 unità con una potenza complessiva di circa 14 milioni di kW, quasi tutte appartenenti alla prima generazione di reattori impostata negli anni intorno al 1960; le unità in costruzione avevano una potenza complessiva di oltre 100 milioni di kW; ad essi vanno aggiunti circa 11 milioni di kW ordinati nella prima metà del 1970.

L'esperienza di esercizio finora acquisita deriva soprattutto dalle centrali della prima generazione, impostate negli anni a cavallo del 1960. Esse hanno dimostrato di possedere in linea di principio le caratteristiche necessarie per far fronte alle esigenze dell'esercizio di un vasto sistema elettrico, anche se in Italia e altrove esse hanno dato luogo per guasti di varia natura, a discontinuità di funzionamento e a fermate di lunga durata, che hanno inciso pesantemente sulla disponibilità degli impianti e quindi sui costi di produzione dell'energia; peraltro le centrali della nuova generazione differiscono da quelle dello stesso tipo che le hanno precedute non soltanto per le potenze unitarie considerevolmente maggiori, ma anche per le molte innovazioni tecniche, le notevoli differenze strutturali e le prestazioni molto più spinte, per cui una estrapolazione dei risultati di esercizio non sarebbe molto significativa.

TABELLA 14

Unità elettronucleari in centrali di potenza uguale o superiore a 100 MWe in servizio, in costruzione o in progetto nel mondo al 31 dicembre 1969.

	Unità in servizio		Unità in progetto e in costruzione	
	n.	MWe	n.	MWe
Stati Uniti	10	4.180	76	66.127
Canada	1	200	9	5.250
<i>Totale Nord America . . .</i>	<i>11</i>	<i>4.380</i>	<i>85</i>	<i>71.377</i>
Argentina	—	—	1	318
<i>Totale Sud America . . .</i>	<i>—</i>	<i>—</i>	<i>1</i>	<i>318</i>
Belgio	—	—	3	1.600
Germania Occidentale	3	760	5	3.294
Francia	5	1.496	3	1.305
Italia	3	617	1	800
Olanda	—	—	1	400
<i>Totale Euratom</i>	<i>11</i>	<i>2.873</i>	<i>13</i>	<i>7.399</i>
Finlandia	—	—	1	440
Gran Bretagna	25	4.045	11	6.390
Spagna	1	153	2	960
Svezia	—	—	6	3.289
Svizzera	1	350	2	650
<i>Totale Europa Occidentale .</i>	<i>38</i>	<i>7.421</i>	<i>35</i>	<i>19.128</i>
URSS	9	1.140	3	1.310
Bulgaria	—	—	2	800
Cecoslovacchia	—	—	1	150
Germania Orientale	—	—	1	700
<i>Totale Europa Orientale . .</i>	<i>9</i>	<i>1.140</i>	<i>7</i>	<i>2.960</i>
Corea del Sud	—	—	1	565
Formosa	—	—	1	600
Giappone	2	491	8	4.496
India	2	380	3	600
Pakistan	—	—	1	125
<i>Totale Asia</i>	<i>4</i>	<i>871</i>	<i>14</i>	<i>6.386</i>
<i>Totale mondo</i>	<i>62</i>	<i>13.812</i>	<i>142</i>	<i>100.169</i>

Dal punto di vista economico le moderne centrali nucleari sono attualmente caratterizzate:

— da un costo del ciclo del combustibile per kWh prodotto notevolmente inferiore a quello che si ha nelle centrali termoelettriche tradizionali (nella situazione italiana, pari a poco meno della metà per gli impianti con reattori ad acqua naturale);

— da un costo di impianto per kW installato sensibilmente decrescente all'aumentare della potenza unitaria, ma tuttora assai maggiore, anche per le unità di potenza più elevata, di quello delle centrali termiche tradizionali.

Ne segue che la competitività degli impianti nucleari è condizionata al raggiungimento di potenze e di « utilizzazioni » (kWh prodotti annualmente per kW installato) superiori a determinati limiti, che non possono essere specificati in linea generale, perché dipendenti da numerosi fattori da valutare caso per caso, quali ad esempio il costo del combustibile tradizionale, i parametri economici di valutazione, le possibilità dell'industria nazionale, ecc.

L'esperienza di funzionamento delle grandi centrali nucleari della nuova generazione è tuttora troppo limitata perché su di essa ci si possa basare per garantire la continuità e affidabilità, che sono il requisito essenziale di un impianto elettrico di produzione.

Ad ogni modo, l'impegno dei costruttori e dei produttori di energia per lo sviluppo del settore nucleare, che si concreta nei vasti programmi in corso nel mondo, induce a nutrire ragionata fiducia nella capacità delle centrali nucleari di confermare praticamente le prestazioni tecniche ed economiche previste.

Con questa convinzione l'Enel ha deciso nel 1969 di procedere alla realizzazione della sua IV centrale nucleare: a seguito di una gara, alla quale sono stati chiamati a partecipare i più qualificati costruttori italiani e stranieri, è stata scelta la soluzione che prevede l'impiego di un reattore ad acqua bollente; la quarta unità nucleare dell'Enel, che avrà una potenza di circa 800 MW, sarà ubicata lungo il fiume Po ed entrerà in funzione nel 1975.

Se, come sembra logico prevedere, le risultanze tecnico-economiche dell'esercizio delle grandi unità nucleari corrisponderanno alle aspettative, non vi sono dubbi che il contributo degli impianti nucleari al soddisfacimento delle richieste di energia elettrica acquisterà in tutti i paesi industrialmente sviluppati rilievo via via maggiore fino a diventare prevalente.

Si prevede a questo riguardo che già nel 1980 la produzione delle centrali nucleari rappresenterà in molti paesi industrialmente sviluppati il 20 ÷ 25% della produzione complessiva di energia elettrica; tale percentuale dovrebbe progressivamente aumentare col tempo.

Ed ora qualche parola sugli sviluppi che già concretamente si profilano per un avvenire non lontano.

Per quanto riguarda i tipi o « filiere » di reattori impiegati nelle centrali nucleari va ricordato che fin dai primi passi, la tecnica nucleare ha offerto molteplici soluzioni tecnicamente possibili per la realizzazione di un reattore nucleare.

Tali soluzioni, ben diversamente da quanto avviene per i generatori di vapore tradizionali, sono così diverse non solo strutturalmente, ma anche concettualmente, da implicare tecnologie e materiali spesso tanto dissimili da richiedere specializzazioni e indirizzi ad hoc nella ricerca applicata e nelle realizzazioni conseguenti. Basti pensare semplicemente alla diversità dei problemi di chimica, metallurgia, termodinamica, ecc. posti dal progetto e dalla costruzione di reattori differenti nei quali, ad esempio, il veicolo per il trasferimento del calore sia rappresentato rispettivamente da acqua naturale, da gas, da acqua pesante, da sodio liquido o da un liquido organico.

Contrariamente alle aspettative di vari esperti, da 15 anni a questa parte non vi è stata una selezione decisiva tra le varie filiere e tuttora il numero di tipi di reattore, oggetto di sperimentazione e di studio, non ha praticamente subito diminuzioni; per alcune filiere l'interesse è caduto, ma altre, non ancora profilatesi 15 anni fa, sono ora oggetto di attenta considerazione e sviluppo.

In effetti malgrado le differenze spesso così sostanziali, le numerose filiere in corso di studio e di sperimentazione non si discostano per i risultati economici, già conseguiti o prevedibili, in misura tale da determinare preferenze per uno o pochissimi tipi ad esclusione degli altri.

Attualmente la grande maggioranza degli impianti nucleari in costruzione nel mondo appartiene alla filiera ad acqua naturale e ad uranio leggermente arricchito, nelle due varianti ad acqua bollente e ad acqua in pressione; in Inghilterra sono invece in costruzione e in progetto impianti nucleari per una potenza complessiva di circa 5 milioni di kW, che impiegano reattori a gas di tipo avanzato, i quali rappresentano la naturale evoluzione di un altro tipo di reattore sperimentato (moderato a grafite, raffreddato con anidride carbonica e utilizzante uranio naturale), il cui sviluppo perseguito in passato in Inghilterra e in Francia è stato ora praticamente abbandonato.

Prospettive interessanti di sviluppo a breve scadenza hanno inoltre i cosiddetti reattori convertitori di tipo avanzato (essenzialmente i reat-

tori ad acqua pesante ed i reattori a gas ad alta temperatura) che sono caratterizzati da una migliore utilizzazione del contenuto energetico potenziale dell'uranio e da buone capacità potenziali tecniche ed economiche.

Dei reattori HTGR (High Temperature Gas Reactor) sono già stati costruiti 3 prototipi sperimentali e una unità di potenza superiore a 300 MW è in fase di ultimazione negli Stati Uniti; è inoltre molto probabile che tra breve si dia inizio in Inghilterra alla costruzione di una unità di grande potenza che comprenderà questo tipo di reattore.

I reattori ad acqua pesante hanno già dato luogo alla realizzazione di alcune unità di potenza significativa (100 ÷ 200 MW); altre unità da 500 e da 750 MW sono in corso di costruzione in Canada.

È presumibile che in breve tempo sia i reattori HTGR che i reattori raffreddati e moderati ad acqua pesante possano aggiungersi ai reattori che già si sono affermati commercialmente.

L'Italia è particolarmente interessata ai reattori ad acqua pesante e persegue lo sviluppo di una versione avanzata di tale tipo di reattore, anche per il fatto che essi consentono l'impiego dell'uranio naturale con la conseguenza che se, come auspicato, avranno successo, non sarebbe più necessario far ricorso all'uranio arricchito, che come noto, pone tanti problemi. In questo campo l'ENEL e il CNEN hanno intrapreso una iniziativa congiunta per la costruzione a Latina di un prototipo di tipo CIRENE da 40 MW in collaborazione con il CISE e con l'industria nazionale; il CIRENE è un reattore a uranio naturale, moderato ad acqua pesante, che impiega quale vettore termico l'acqua naturale in condizioni di cambiamento di fase; di concezione originale italiana è stato sviluppato dai laboratori del CISE in base a ricerche e sperimentazioni che risalgono al 1957.

Ma il traguardo ultimo cui tendono tutti i programmi di ricerca e di sviluppo in campo nucleare è l'impiego in scala industriale dei reattori autofertilizzanti; tali reattori dovrebbero permettere una utilizzazione del contenuto energetico potenziale dell'uranio (o del torio) dell'ordine del 50-70%, anziché dell'1% circa conseguibile con i reattori oggi più sviluppati.

L'avvento commerciale di reattori autofertilizzanti di prestazioni nucleari sufficientemente elevate consentirà quindi di risolvere il problema delle disponibilità della fonte nucleare primaria per molte generazioni anche perché la modestissima incidenza del costo dell'uranio naturale o del torio su quello dell'energia prodotta potrà rendere economicamente giustificato nel futuro il ricorso a riserve di uranio o di torio con costi di estrazione anche molto elevati. Attualmente la quasi totalità dei programmi di ricerca e di sviluppo in questo settore è concentrata sul ciclo uranio-plutonio a neutroni veloci e tra i diversi tipi di reattore

che si prestano a realizzare tale ciclo la maggiore attenzione è dedicata a quelli raffreddati a sodio.

Un'attività più limitata è rivolta allo studio dei reattori veloci raffreddati a gas e a quello dei reattori autofertilizzanti termici.

I problemi tecnici, economici e di altra natura che devono essere ancora risolti per giungere a centrali autofertilizzanti di caratteristiche commerciali sono complessi e numerosi.

La maggior parte degli esperti ritiene che difficilmente potranno essere realizzati prima del 1980 impianti autofertilizzanti competitivi di caratteristiche industriali soddisfacenti e che prima del 1985 si possa disporre di risultati di esercizio tali da indirizzare decisamente i produttori di energia verso la filiera autofertilizzante.

VI. - Prospettive degli impianti idroelettrici in Italia.

Come già detto, ben pochi e di modesta producibilità sono gli impianti idroelettrici che potranno essere realizzati d'ora innanzi in Italia.

Perciò i futuri fabbisogni di energia elettrica dovranno venire soddisfatti pressoché esclusivamente mediante produzione termica, con combustibili tradizionali o nucleari.

Ciò non avverrà nella stessa misura per i fabbisogni di potenza e per la regolazione dell'energia, cui si potrà far fronte:

a) con una più concentrata utilizzazione degli impianti esistenti ove il loro dimensionamento lo consenta;

b) con il rifacimento secondo le nuove esigenze o con l'ampliamento di impianti esistenti obsoleti;

c) con la costruzione di nuovi impianti idroelettrici dimensionati per un funzionamento essenzialmente di punta;

d) con impianti di accumulazione per pompaggio che utilizzino le disponibilità di potenza e di energia nelle ore vuote per restituire potenza ed energia nelle ore di massima richiesta.

In Italia le possibilità di realizzare impianti di pompaggio appaiono notevoli grazie alle favorevoli caratteristiche orografiche della penisola. Studi condotti dall'Enel hanno già consentito di individuare impianti di pompaggio economicamente convenienti per una potenza complessiva di circa 10.000 MW, mentre ulteriori analisi in corso lasciano prevedere la possibilità di sensibili incrementi della potenza di pompaggio realizzabile.

Attualmente una quota prevalente della parte variabile del diagramma di carico è coperta da impianti idroelettrici a serbatoio; questa situazione è destinata però a modificarsi in futuro quando le centrali termiche dovranno dare un contributo via via maggiore anche alla copertura della parte modulata del diagramma; ciò comporterà una crescente disponibilità di energia termica in ogni stagione dell'anno nelle ore vuote della notte e di fine settimana, disponibilità che avrà un valore determinante per lo sviluppo degli impianti di pompaggio.

A questo riguardo merita conto di spendere qualche parola sugli aspetti economici relativi a questi ultimi e sulla loro economia che è caratterizzata da vari elementi, due dei quali assumono valore essenziale. Essi sono:

- il costo capitale dell'impianto riferito al kW reso disponibile nelle ore di punta;
- il costo dell'energia elettrica impiegata per il pompaggio.

Per quanto riguarda il primo elemento, vari impianti di pompaggio in costruzione in Italia presentano un costo capitale per kW reso disponibile, inferiore al costo corrispondente di una centrale termica tradizionale.

Quando in futuro i nuovi fabbisogni di energia saranno soddisfatti in misura crescente mediante impianti nucleari, il termine di paragone rappresentato oggi dal costo d'impianto delle centrali termiche tradizionali subirà un sensibile aumento.

A questo riguardo è interessante rilevare che il costo per kW della quarta centrale nucleare dell'Enel da 800 MW, recentemente messa in costruzione, sarà all'incirca doppio dell'analogo costo di un impianto tradizionale di pari potenza. Anche se è prevedibile che al moltiplicarsi delle unità nucleari corrisponderà una riduzione di costi di impianto, sarà tuttavia ben difficile che, a parità di potenza, il costo specifico di una centrale nucleare possa scendere al livello relativo agli impianti tradizionali.

Per quanto concerne il secondo elemento menzionato sopra, si è già detto che già oggi il costo marginale dell'energia prodotta con impianti nucleari è inferiore alla metà dell'analogo costo dell'energia ottenuta dagli impianti termici tradizionali in Italia. Se nei prossimi anni i reattori convertitori di tipo avanzato si affermeranno, tale costo marginale scenderà ulteriormente e potrà pervenire, per gli impianti con reattori ad acqua pesante, a valori pari a circa la metà di quelli oggi ottenuti nelle centrali con reattori di tipo «provato». Successivamente con l'avvento dei reattori autofertilizzanti il costo marginale dell'energia dovrebbe subire una ulteriore sostanziale riduzione. E poiché l'energia utilizzata

per il pompaggio si rende disponibile durante la notte o comunque nei periodi di basso carico della rete, essa deve essere valutata al costo marginale, maggiorato da oneri accessori e di scarso rilievo.

Dalle considerazioni che precedono si può concludere che i due elementi essenziali, che determinano l'economia degli impianti idroelettrici di regolazione mediante pompaggio, presenteranno in avvenire una evoluzione tale da incoraggiarne sempre più la realizzazione.

Tornando agli aspetti economici richiamati in precedenza, va notato che l'esperienza del passato mostra che la durata di un impianto idroelettrico raggiunge spesso i 40-50 anni; e poiché l'economia di realizzazioni del genere deve essere valutata con riferimento all'intera vita dell'impianto, un intervallo di tempo così ampio comprenderà certamente le fasi menzionate sopra della evoluzione nucleare.

Alle considerazioni che precedono se ne aggiungono altre di valore non trascurabile, che possono essere sommariamente elencate come segue:

1) la rapidità di risposta di un impianto idroelettrico non è neppure comparabile con quella di un impianto termoelettrico. Di qui un contributo non indifferente alla funzione di riserva rotante sarà assegnato agli impianti di pompaggio;

2) agli effetti della riserva « fredda » di potenza, la rapidità di messa in marcia di un impianto idroelettrico richiede qualche minuto e non alcune ore, come avviene per gli impianti termoelettrici. Di qui un efficace contributo al servizio di riserva degli impianti in parola.

Il limite all'espansione degli impianti di pompaggio è imposto evidentemente dalla quantità di energia termica disponibile nelle ore di basso carico; avuto riguardo al diagramma di carico della rete italiana, gli impianti di pompaggio potranno contribuire alla copertura del diagramma per il $18 \div 20\%$ della potenza di punta.

Gli impianti di accumulazione mediante pompaggio hanno in Italia una lunga tradizione: il primo fu realizzato in Piemonte nel 1912; fu equipaggiato con pompe aventi una potenza complessiva di 7.600 kW ed utilizzava il salto di 156 metri esistente tra i laghi di Viverone e di Bertignano.

Successivamente altri impianti giornalieri, stagionali e persino inter-annuali, sono stati realizzati in Italia nei decenni trascorsi ed in particolare dopo la guerra.

Meritano segnalazione la stazione di Cotilia con due unità da 30.000 kW entrate in servizio nel 1948 e la stazione di Provvidenza con tre unità della potenza complessiva di 160.000 kW, entrate in servizio

tra il 1949 ed il 1960. Queste due centrali, installate in Abruzzo, effettuano regolazione giornaliera, settimanale, stagionale ed interannuale.

Attualmente la potenza degli impianti italiani di pompaggio assomma, in fase di generazione, ad oltre 700 MW; di molto maggiore rilievo è il programma in corso di realizzazione, che include la realizzazione di impianti del genere per una potenza complessiva di circa 2.400 MW.

Tra i più importanti di questi impianti si possono ricordare: la centrale del lago Delio (~ 1.000 MW), quella di Piastra-Chiotas (600 MW), quella di Suviana Brasimone (300 MW) e quella del Taloro (240 MW). Le potenze indicate tra parentesi si riferiscono alla prima fase di realizzazione; in finale saliranno rispettivamente a 1.600; 2.000; 600; 1.000 MW.

Il prof. Ferrari domanda informazioni sui possibili ulteriori sviluppi di impianti idroelettrici in Piemonte e in generale in Italia, e sulla loro influenza sull'ambiente naturale anche in rapporto alle altre fonti di energia.

RISPONDE IL PROF. ARNALDO M. ANGELINI:

In Italia la fonte primaria idraulica economicamente utilizzabile è da considerarsi praticamente esaurita; sono ben pochi i nuovi impianti idroelettrici competitivi con gli impianti termoelettrici e con quelli nucleari. Al massimo la produzione idroelettrica annuale potrà aumentare di circa 10 miliardi di kWh e, dato che la produzione totale del 1969 è stata di 110 miliardi di kWh, l'apporto dei nuovi impianti idroelettrici potrà rappresentare meno del 10% della produzione annua attuale. Se si tiene presente infine che i fabbisogni di energia raddoppiano ogni 8-10 anni, risulta evidente che il contributo della produzione idroelettrica risulterà sempre più modesto.

Notevole rilievo avranno invece gli impianti idroelettrici di pompaggio destinati alla regolazione dell'energia che si rende disponibile in misura rapidamente crescente, durante le ore vuote dagli impianti di produzione termica e, più avanti, dagli impianti nucleari.

In Piemonte la realizzazione più importante nel settore riguarda la costruzione degli impianti della Piastra, in provincia di Cuneo, destinati sia alla produzione che alla regolazione dell'energia.

Non vi è dubbio che la fonte idroelettrica è pulita, e che gli impianti non alterano in alcun modo le caratteristiche dell'acqua utilizzata; non vi è infatti contaminazione chimica o termica, se si esclude l'aumento di temperatura di qualche centesimo di grado dovuto alle perdite nelle turbine.

Ciò che viene rimproverato agli impianti idroelettrici è il turbamento dell'ambiente per effetto della deviazione delle acque dal corso naturale. La realizzazione di un impianto idroelettrico implica infatti la costruzione di opere di derivazione e di restituzione, che prelevano l'acqua di un fiume o di un torrente ad una certa quota per restituirla a quote inferiori dopo percorsi spesso molto brevi, talvolta più lunghi e che possono raggiungere 10 o 20 km.

D'altra parte non ci si deve dimenticare che esiste una legge riguardante le acque e gli impianti elettrici, che regola questa materia, e che, in applicazione di tale legge, il Ministero dei Lavori Pubblici, sentiti gli Enti interessati, predispone un disciplinare di concessione che, come indicato dal termine, fissa una disciplina alla quale il produttore di energia è vincolato. Questa disciplina comporta in genere il rilascio di una portata minima per usi igienici e l'utilizzazione di una parte delle riserve di serbatoio per l'irrigazione o altri usi; quindi il produttore di energia non è libero di utilizzare le sue derivazioni di acqua ed i propri serbatoi se non nell'ambito delle condizioni fissate dal disciplinare. Per questo ritengo che le accuse talvolta mosse agli impianti idroelettrici non siano, almeno in gran parte, giustificate.

Per quanto riguarda i serbatoi, se è vero che essi incidono sull'ambiente è pur vero che possono presentare dei vantaggi.

Ho partecipato nei giorni scorsi a Madesimo al Convegno Internazionale della Montagna ove ho ricordato che la « piana reatina » era soggetta da secoli a inondazioni disastrose che spesso distruggevano tutta la produzione agricola. Con la realizzazione di due serbatoi, la cui capacità complessiva si avvicina a mezzo miliardo di metri cubi, tutto questo è finito. Ciononostante dopo la costruzione di questi serbatoi vi sono state diverse proteste. Alcune hanno riguardato i danni conseguenti la « scomparsa del limo fertilizzante » portato dalle piene catastrofiche. Altre proteste sono state originate da un fatto del tutto opposto. In una particolare evenienza il Ministero dei Lavori Pubblici dispose il rilascio di una certa quantità di acqua dai serbatoi per costituire una capacità di riserva per il contenimento di possibili piene; si provvede pertanto allo svuotamento parziale con il rilascio di una portata dell'ordine della decima parte di quella di piena del fiume Salto. Ebbene, in tale occasione, i proprietari agricoli richiesero i danni per il rilascio della modesta portata erogata. Come si vede in certe valutazioni intervengono fattori passionali e interessi contrastanti.

Si tenga presente infine che questi due serbatoi hanno sottratto ad alcune punte di piena del Tevere ben 500 metri cubi al secondo.

Per quanto riguarda l'influenza sull'ambiente degli impianti termoelettrici, cui si fa attualmente ricorso in attesa dell'energia nucleare, essa consiste essenzialmente nell'alterazione termica dell'acqua e nell'inquinamento atmosferico.

L'acqua usata per il raffreddamento dei condensatori non subisce alcuna alterazione chimica ma semplicemente un innalzamento di temperatura dell'ordine di alcuni gradi centigradi. Ciò non comporta problemi nel caso di acqua di mare in quanto progettando sistemi che attuino un'opportuna dispersione dell'acqua condensatrice nel mare la temperatura non sale se non in misura trascurabile.

Dato che le portate necessarie ai grandi impianti termoelettrici sono dell'ordine di molte decine di metri cubi al secondo, l'uso dei deflussi fluviali è in Italia praticamente limitato al Po e quindi la gran parte di tali impianti viene costruita sul mare.

L'inquinamento dell'atmosfera è dovuto essenzialmente alla diffusione di polveri di anidride carbonica, di ossido di carbonio e di anidride solforosa.

Per quanto riguarda la diffusione delle polveri, che è un problema praticamente limitato al caso di funzionamento con combustibili solidi, la tecnica offre oggi le possibilità di eliminare questo inconveniente mediante depolverizzatori elettrostatici, che abbattano circa il novantanove e mezzo per cento delle polveri trascinate dai fumi delle centrali termiche; si può dunque affermare che i progressi della tecnica hanno praticamente risolto questo problema.

Per quanto concerne l'ossido di carbonio, anche qui il problema tecnico stimolato da considerazioni economiche (il produttore di energia ha tutta la convenienza di bruciare l'ossido di carbonio nelle caldaie, anziché disperderlo nell'atmosfera) ha permesso di risolvere questo problema.

L'anidride carbonica, che rappresenta il prodotto del tutto prevalente della combustione dell'olio combustibile e del carbone, non crea problemi particolari in quanto nella modesta concentrazione in cui essa è presente nei dintorni delle centrali, non può recare nocimento di sorta all'uomo, agli animali e alla vegetazione.

L'aspetto più delicato riguarda l'anidride solforosa, la cui presenza nell'ambiente circostante alle centrali termiche, è dovuto allo zolfo contenuto nei combustibili. Due provvedimenti di carattere sostanziale vengono adottati al riguardo nella realizzazione delle grandi centrali termoelettriche; in primo luogo l'impiego di camini tanto alti da assicurare in ogni caso la dispersione dei fumi su una zona molto ampia, riducendo quindi di molto la concentrazione al suolo, e da rendere più probabile il superamento degli strati di inversione prossimi al suolo, evitando in tal modo la diffusione degli effluenti verso il basso, quando si verifica nell'atmosfera una situazione di inversione. A titolo indicativo si ricorda che i camini delle centrali termiche hanno già raggiunto altezze dell'ordine dei 230 metri, che potranno elevarsi ad oltre 300 metri. Sia detto per inciso che camini così alti hanno un costo di notevole rilievo, che se può essere accettato per un grande impianto di produzione di energia, può invece risultare insostenibile per molte industrie.

Altro provvedimento molto importante è rappresentato dalla costituzione di una riserva di olio combustibile e di carbone (quando l'impianto può bruciarli in alternativa) a basso contenuto di zolfo, da utilizzare nei periodi in cui le condizioni atmosferiche sono avverse per quanto concerne la possibilità di dispersione dell'anidride solforosa.

Per inciso è da aggiungere che ricerche molto costose ed impegnative sono in corso per l'abbattimento dell'anidride solforosa prima dell'emissione

degli effluenti gassosi al camino; purtroppo i risultati finora ottenuti non sono incoraggianti, almeno per quanto riguarda le applicazioni di carattere industriale.

Non meno importanti dei provvedimenti sono le possibilità di controllo, che allo stato attuale sono tali da consentire una rilevazione continua ed affidabile sotto ogni riguardo sull'area circostante le centrali termoelettriche. Ne segue che è su basi obiettive che può essere stabilito se l'inquinamento dell'atmosfera oltrepassa i limiti di tollerabilità stabiliti dai regolamenti.

L'esistenza di tali possibilità di controllo e le garanzie che esse offrono inducono a sottolineare una esigenza di normativa in materia di inquinamento atmosferico, una normativa che costituisca una valida garanzia per la popolazione e comporti prescrizioni chiare e impegnative per i costruttori e gli esercenti degli impianti.

Un cenno infine agli impianti nucleari.

I problemi relativi all'alterazione termica dell'acqua di raffreddamento presentano caratteri non diversi da quelli relativi agli impianti tradizionali; vi è tuttavia una differenza di carattere quantitativo dovuta al fatto che il rendimento degli impianti nucleari del tipo oggi più diffuso (quello che impiega acqua naturale quale moderatore e veicolo termico), è notevolmente inferiore al rendimento degli impianti termici tradizionali; la quantità di calore che occorre disperdere è, a parità di potenza, di circa il 50% superiore nel caso degli impianti nucleari.

L'aspetto più importante concernente gli impianti nucleari è però quello della « polluzione radioattiva ». A tale riguardo la rigorosa normativa dà piena garanzia sul controllo di questa fonte di inquinamento. D'altra parte l'esperienza di esercizio ha pienamente confermato che, dopo quella idraulica, la nucleare rappresenta la fonte « più pulita » di energia elettrica; gli unici possibili agenti inquinanti (scarichi radioattivi all'atmosfera e nell'acqua) sono infatti contenuti entro valori così bassi da limitare l'irradiazione ad una frazione trascurabile della dose che ciascuno di noi riceve dall'ambiente naturale.

L'energia nucleare sulla soglia degli anni '70.

Sulla soglia degli anni '70 l'energia nucleare si presenta con una veste molto diversa da quella che le era stata fatta indossare agli inizi degli anni '60.

A quell'epoca, come molti ricordano, l'ordinazione di una centrale nucleare era un avvenimento sensazionale. Era stata messa in funzione la centrale di Shippingport, ad acqua in pressione, da 60 Mwe; centrale costruita totalmente con fondi del contribuente americano. Ed analogo finanziamento aveva avuto l'EBWR, l'*experimental boiling water reactor* da 5 Mwe. In Russia, la centralina da 5 Mwe di Obninsk era in funzione dal 1954, mentre nel 1956 era entrata in esercizio la prima delle otto unità di Calder Hall-Chapel Cross a gas-grafite ed uranio naturale. Stava inoltre entrando in esercizio la generazione americana di centrali nucleari dimostrative (Rowe, tipo PWR; Dresden, tipo BWR, etc.). Il totale della potenza nucleare, installata allo scopo di generare energia elettrica, non superava, in tutto il mondo, il mezzo milione di Kw all'1-1-1960.

Le unità più grandi, non ancora in esercizio commerciale, sfioravano i 200.000 Kw. Quanto all'Italia, erano in costruzione tre centrali a Latina, lungo il Garigliano e a Trino Vercellese (centrali che sarebbero entrate in servizio rispettivamente nel 1962, nel 1963 e nel 1964) per una potenza complessiva di 600.000 Kw.

Nonostante la modestia delle realizzazioni, grande era l'entusiasmo e ancor più grande il desiderio di escogitare congegni nucleari, che potessero battere quelli già alle soglie dell'affermazione industriale. Volendo fare un elenco dei tipi di reattori intorno ai quali erano incentrati programmi di ricerca e sviluppo di una certa consistenza, si possono ricordare:

- 1) reattori ad acqua in pressione e U arricchito;
- 2) reattori ad acqua in pressione e U arricchito con surriscaldatore a combustibile convenzionale;
- 3) reattori ad acqua bollente ed U arricchito;

- 4) reattori con moderatore e refrigerante organico, alimentati con U arricchito;
- 5) reattori omogenei acquosi, autofertilizzanti in zona termica;
- 6) reattori omogenei a sospensione, autofertilizzanti in zona termica;
- 7) reattori moderati a D_2O e raffreddati a D_2O in pressione, alimentati con U naturale;
- 8) reattori a D_2O bollente ed U naturale (ciclo diretto);
- 9) reattori moderati a D_2O e refrigerati con liquido organico;
- 10) reattori a gas-grafite ed U naturale.;
- 11) reattori a gas a più alta temperatura (AGR);
- 12) reattori moderati a grafite e refrigerati con acqua in pressione (sviluppati in URSS);
- 13) reattori moderati a D_2O e raffreddati a gas;
- 14) reattori veloci raffreddati a sodio.

Questo già lungo elenco (che non tiene conto di altre combinazioni più stravaganti: per esempio reattori moderati a D_2O e raffreddati con sodio liquido), può essere considerato a mo' delle lapidi di un cimitero: una lunga lista di caduti, con pochi superstiti.

Tutto ciò è avvenuto nei dieci anni che vanno dal 1960 al 1969. Sui quattordici tipi di reattori elencati, quattro sono sopravvissuti, uno si è estinto (dopo aver dato buona prova di sé) per ragioni economiche, uno è ancora da sviluppare. Qualche altro tipo si è aggiunto nel corso del decennio (reattori moderati a D_2O raffreddati con acqua naturale, reattori autofertilizzanti termici a sali fusi, reattori a grafite con raffreddamento ad elio ad altissima temperatura), ma le loro prospettive sono, come vedremo, sul filo del rasoio.

Al 1° gennaio 1970 le ordinazioni di centrali nucleari avevano toccato i cento milioni di Kw, quasi tutti commissionati nel secondo quinquennio secondo la sequenza:

	USA	altri paesi	TOTALE
1965	4.370	1.472	5.842 Mwe
1966	17.430	1.428	18.858
1967	25.830	2.870	28.700
1968	13.030	1.560	1.590
1969	7.260	8.760	16.020
<i>Totale</i>	67.920	16.090	84.010

Con le centrali già ordinate prima del 1965, e con quelle ordinate nei primi mesi del 1970, si sfiora un totale di 100 milioni di Kw, per un valore complessivo di venti miliardi di dollari (compresa la parte convenzionale).

Per quanto riguarda le nuove entrate in servizio, il 1969 ha visto l'inizio dell'esercizio di due milioni di Kw, tutti ordinati prima del 1965 (fra queste la nota e controversa centrale di Oyster Creek, equipaggiata con un reattore da 600.000 Kw).

Fra le nuove ordinazioni, spiccano unità con potenza unitaria di quasi 1.200 Mwe. È questo su soli dieci anni, un aumento prodigioso: anche tecnicamente, un aumento di sei volte nella dimensione delle unità, ha contribuito a ridurre i costi, o almeno, a ridurre l'accrescimento.

All'inizio degli anni '70 i reattori affermatosi o i reattori sui quali è impostato ancora un programma di ricerca e sviluppo sono i seguenti:

- 1) reattori ad acqua in pressione (PWR), già affermato;
- 2) reattori ad acqua bollente (BWR), già affermato;
- 3) reattori a gas ad alta temperatura, già affermato;
- 4) reattori a gas ad altissima temperatura;
- 5) reattori moderati e raffreddati ad acqua pesante;
- 6) reattori moderati a D_2O e raffreddati ad H_2O ;
- 7) fertilizzanti termici (a sali fusi o ad acqua in pressione);
- 8) reattori veloci a sodio.

È pleonastico ricordare che dei cento milioni di Kw ordinati a tutt'oggi, oltre l'80% sono costituiti da reattori ad acqua pressurizzata o bollente, in proporzioni pressappoco eguali.

La tecnologia americana, largamente basata su reattori ad uranio leggermente arricchito, si è imposta anche ai più recalcitranti (tipica la recente decisione francese di sospendere l'ulteriore costruzione di reattori a gas-grafite per convertirsi ai reattori ad acqua leggera). Uguale orientamento è prevalso nell'Unione Sovietica, mentre in Europa solo la Germania è stata in grado di assorbire la tecnologia americana, farla propria ed elaborarla poi in modo autonomo, così da presentarsi come temibile concorrente dell'industria americana. D'altra parte, poiché anche nei reattori a gas-grafite tipo AGR si è imposta la convenienza di impiegare l'uranio arricchito, l'uso di quest'ultimo ha di gran lunga sommerso quello dell'uranio naturale.

Qualunque sia il tipo di reattore usato, l'esperienza degli anni sessanta ha dimostrato che gli impianti nucleari sono sì degli ottimi produttori di energia, a costi competitivi, ma sono estremamente delicati; e il controllo di qualità sulle pareti coinvolte nel così detto circuito primario deve essere di un ordine di grandezza più spinto che negli impianti convenzionali.

D'altra parte, poiché un guasto della parte convenzionale di un impianto nucleare, ha sempre come conseguenza l'arresto dell'intero impianto, tale controllo di qualità deve essere esteso, negli impianti nucleari, anche alla parte convenzionale. Ciò ha avuto due conseguenze:

— una spinta verso la massima semplificazione dell'impianto, in particolare delle parti interne al recipiente contenente il reattore;

— un'ascesa dei costi di costruzione che, anche in conseguenza del processo di generale inflazione, sono saliti di oltre il 50% rispetto ai valori minimi toccati nel 1965, allorché un certo prevalente ottimismo aveva fatto sottostimare le difficoltà cui si è accennato.

Risolti per la massima parte i problemi più strettamente scientifici connessi con lo sviluppo dell'energia nucleare, il successivo progresso si polarizza perciò verso l'attenta osservazione di quanto avviene nei pochi impianti già costruiti. Da queste osservazioni vengono dedotte le ulteriori modifiche, poi studiate e successivamente adottate. Ma è fatale che, in questo processo, i grandi centri di ricerca, che hanno svolto finora un lavoro pionieristico, si trovino in difficoltà nel percorrere questa strada, mentre sono in grado di svolgere tali compiti le grandi industrie manifatturiere che prime hanno avuto l'opportunità di entrare nel campo nucleare.

Si scopre, ad esempio, quanto sia pericoloso apportare ogni volta vistosi cambiamenti di disegno. Gli elementi di combustibile appaiono matite sensibilissime a molti parametri, finora poco o punto controllati: l'esatta composizione stechiometrica dell'ossido, le impurezze contenute — specialmente il fluoro e l' H_2O — al livello di poche parti per milione, il procedimento chimico attraverso cui è ottenuta la polvere di ossido pronta per la sinterizzazione, il grado di finitura delle pastiglie sinterizzate, le tolleranze nei tubi di guaina, l'intercapedine fra queste e le pastiglie, e così via. Le conseguenze di una cattiva scelta di uno di questi parametri non si fanno sentire subito, ma dopo un esercizio prolungato. D'altra parte l'economia vuole che i tassi di combustione siano sempre più alti e che perciò il combustibile e gli elementi di combustibile siano più cementati.

Questi, dunque, divengono più pregiati e un inconveniente è penalizzato sempre più pesantemente. Basta ricordare che la prima carica di Shippingport, in cui l'arricchimento medio era appena dell'1,3%, era prevista per produrre 3000 Mwd/tonn, mentre oggi — nei reattori ad acqua in pressione — si impiegano combustibili con arricchimento tre volte più alto e dai quali si estraggono 30.000 Mwd/tonn ed anche più.

Questa esemplificazione tende ad illustrare quanto già detto prima: che i successivi perfezionamenti nel campo dell'ingegneria nucleare di-

vengono appannaggio — e certo lo saranno anche negli anni settanta — dei grandissimi complessi industriali. E il fenomeno, come restringe il compito degli enti specificamente preposti alla generica ricerca nucleare, restringe anche, a maggior ragione, il ruolo della ricerca universitaria. Lo sviluppo futuro dell'ingegneria nucleare sembra dunque sempre più concentrarsi nei grandi centri di progettazione dell'industria.

Questo panorama non è da estendersi a quei reattori ancora in via di sviluppo, la cui principale categoria è rappresentata dai reattori veloci raffreddati con sodio liquido ad alta temperatura, ma che trova altri esempi negli autofertilizzanti termici a sali fusi o nei reattori moderati con acqua pesante e raffreddati con acqua leggera. È però una strada aspra quella che tali nuovi tipi debbono affrontare, impegnati ancora nello sbizzare i grandi problemi, prima di potersi concentrare nel superamento delle difficoltà più minute ma anche più insidiose.

Lo straordinario aumento delle installazioni di impianti nucleari non provoca dunque un aumento altrettanto grande nella ricerca e nei problemi di ricerca. Vi è, se mai, una certa tendenza ad una diminuzione. L'ingegneria nucleare diviene una qualunque branca dell'ingegneria.

Il discorso finora è stato rivolto al punto focale dell'ingegneria nucleare: la progettazione e la costruzione delle centrali nucleari. Vi sono tuttavia dei problemi collaterali di importanza altrettanto grande:

— arricchimento dell'uranio (per diffusione gassosa o, forse, per ultracentrifugazione);

— costruzione degli elementi di combustibile;

— impianti per il trattamento chimico del combustibile esaurito e il recupero del materiale fissile pregiato ancora contenutovi.

Anche queste attività sono ormai divenute appannaggio della grande industria. Un campo ancora largamente occupato dai laboratori di ricerca è invece quello relativo allo sviluppo dei reattori veloci al sodio, sul cui futuro tecnico regna tuttora notevole incertezza. Non che alcuno dubiti della sicura riuscita, ma è incerto il momento in cui saranno industrialmente maturi. Fatto è che il programma sovietico sui reattori veloci pare stia attraversando un momento difficile, mentre gli Stati Uniti si mostrano incerti e continuano a dilazionare le decisioni più importanti. Una discreta euforia è invece visibile in Gran Bretagna e Francia.

Per quanto riguarda l'Italia, una sua «strategia» nucleare per gli anni settanta deve partire dalle basi esistenti.

In campo nucleare l'Italia non gode né di un regime di economia libera, né di un regime di economia completamente pianificata. Diciamo

che in Italia vige un regime di economia vincolata. Il principale, se non è l'unico, utilizzatore di impianti nucleari è un ente di stato, l'Enel.

Per quanto concerne l'industria manifatturiera, essa è in gran parte a partecipazione statale: IRI o EFIM-Breda.

La Fiat, in tale contesto, svolge un ruolo piuttosto marginale. Nel campo del combustibile è attivo il gruppo ENI. Quanto alla ricerca e allo sviluppo, essi dipendono in larga misura, direttamente o indirettamente, dal Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare. A coordinare tutti questi organismi provvede, con indicazioni di larga massima, il Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica (CIPE).

Per quanto riguarda le attività industriali passate, in Italia sono state costruite e messe in servizio, negli anni che vanno dal 1962 al 1964, tre centrali nucleari, con largo concorso di industrie americane od inglesi, ma con un concorso non indifferente di industrie italiane. Queste tre centrali, di potenza poco diversa, sono:

Latina	210.000 Kwe a gas-grafite	— U naturale
Garigliano	170.000 Kwe ad acqua bollente	} U arr.
Trino	260.000 Kwe ad acqua in pressione	

Nei primi sei-otto anni di esercizio esse hanno rivelato un certo numero di inconvenienti, che hanno inciso sulla gestione economica, elevando notevolmente il costo dell'energia prodotta, rispetto al valore presunto. Si può tuttavia parlare, con franca onestà, di un moderato successo, tenendo conto dell'epoca in cui furono progettate (1958-1963) e delle molte difficoltà che si dovettero superare. Gli inconvenienti, cui ho accennato, furono tutti di natura non nucleare, anche se ciò è di scarsa consolazione.

Brevemente essi si possono così riassumere:

— per il Garigliano: depositi di rame sugli elementi di combustibile, provenienti dai rigeneratori intermedi. Qualche inconveniente da corrosione sotto sforzo in tubazioni percorse da acqua attiva. Per riparare i guasti, la centrale restò fuori servizio per un tempo equivalente a circa un anno;

— per Trino: vibrazioni indotte contro il cilindro di acciaio delimitante lo schermo termico, che ruppero le chiavarde che lo tenevano insieme. Per individuare i guasti, studiare i rimedi e provvedere alle riparazioni, la centrale rimase fuori servizio per tre anni;

— per Latina: corrosione provocata da anidride carbonica ad alta temperatura (410 °C), che porta alla rottura di alcuni supporti interni. Per ridurre l'inconveniente, si dovette ridurre la potenza all'85% del valore nominale e non si prevede, al momento, che essa possa mai essere ripristinata al valore iniziale.

Sul piano finanziario, i danni citati non sono stati o non saranno inferiori a circa cinquanta miliardi. Lo scotto è pesante, ma esso deve essere contrapposto agli insegnamenti, che se ne sono ricavati, insegnamenti di prima mano con intervento del personale di centrale e di squadre ausiliarie. Insegnamenti dunque di valore enormemente superiore a quelli che si sarebbero avuti, leggendo dei rapporti o degli articoli scientifici che ne avessero parlato. D'altra parte nel decennio 1970-1980 si presume che gli investimenti italiani in centrali nucleari si aggireranno sui 1500 miliardi di lire, rispetto ai quali il danno finanziario citato rappresenta solo il 3%.

Più lamentevole è il fatto che queste centrali non indussero, in Italia, il sorgere di una vera e propria industria nucleare, come invece avvenne e avviene nella Repubblica Federale Tedesca. Il vero decollo nucleare italiano dovrebbe avvenire soltanto ora.

L'ordinazione di una quarta grossissima centrale nucleare da parte dell'Enel è certo un avvio su questa strada. Tale centrale, da 800.000 Kwe, e del costo di 140 miliardi, è stata affidata all'Ansaldo-General Electric. Si tratta, ovviamente, di un reattore ad acqua bollente. Nello stesso tempo la Società Breda è riuscita a conquistare due ordinazioni per recipienti in pressione e sta entrando nel campo dei grossi scambiatori di calore per reattori ad acqua in pressione. Naturalmente la costruzione di impianti seguendo tecnologie straniere si basa largamente su acquisizione mediante acquisto di conoscenze sviluppate altrove. Nel campo dei reattori termici l'Italia sta però anche perseguendo una sua via autonoma, basata sullo sviluppo di un reattore moderato ad acqua pesante, alimentato con uranio naturale e raffreddato con acqua ordinaria in cambiamento di fase (progetto CIRENE). Il relativo programma di ricerca e sviluppo è stato interamente svolto in Italia, come pure la progettazione di una piccola centrale dimostrativa, avente la potenza di 40.000 Kwe. Per questa unità sono cominciati solo ora i primi lavori in un sito adiacente a quello della già esistente centrale nucleare di Latina. Per quanto riguarda questa impresa, è lecito affermare che la maggior parte delle ricerche sono state ormai condotte a termine, mentre proseguono molto intensamente quelle, esse pure molto impegnative, di dettaglio.

Al di là del prototipo, è difficile vedere. Con la sua abituale prudenza e ammaestrato dall'esperienza l'ENEL desidera verificare che le previsioni — certamente brillanti — siano confermate dai fatti. Né va dimenticato che reattori simili al CIRENE, ma di più grosse dimensioni sono in costruzione in Canada ed in Giappone.

Restano i reattori veloci, di cui in Italia è stata autorizzata la costruzione di un esemplare, il PEC (Prove Elementi Combustibili). Ma qui il discorso si allarga, poiché quello italiano non può essere considerato evi-

dentemente uno sforzo autonomo, dato che per lo sviluppo dei reattori veloci si prevede sia necessario spendere, solo negli Stati Uniti, non meno di 1.500 milioni di dollari, mentre lo sforzo mondiale è più del doppio che tanto. Il programma italiano può dunque considerarsi una integrazione di un assai più vasto programma mondiale, che — solo — stabilirà il probabile successo o l'improbabile insuccesso dei reattori veloci refrigerati con sodio liquido.

A questa attività direttrici si devono aggiungere quelle corollarie, ma non meno indispensabili (fabbricazione di elementi di combustibile, ritrattamento degli stessi, industria elettronica di supporto, etc.).

Io credo che l'Italia abbia la potenza finanziaria e la capacità tecnica per sostenere lo sforzo descritto. Certo, sul finire degli anni sessanta, si è ridimensionato quello che si credeva fosse il necessario potenziale di uomini per affrontare la realtà a venire. Di fronte alle migliaia di ingegneri e alle decine di migliaia di operai specializzati in campo nucleare, che — intorno al 1960 — si credevano necessari perché l'Italia potesse sviluppare una sua industria nucleare (anche ingannati dal fabbisogno umano richiesto in Francia e in Gran Bretagna per lo sviluppo di programmi militari), oggi si deve ammettere che tali previsioni vanno divise per tre o quattro. Questo non è però intrinsecamente uno svantaggio, ma, se mai, al contrario un apprezzabile vantaggio: significa che non mancano o non mancheranno gli uomini, per portare avanti la graduale costruzione di una industria nucleare.

Quel che ci vuole è però una volontà di fondo, da parte del mondo industriale e di quello politico, volontà, che non si è invece ancora ben delineata. I mesi futuri dovrebbero chiarire anche questo aspetto fondamentale, poiché oggi il tempo lavora contro chi si attarda.

Il prof. Ferrari domanda informazioni circa le possibilità di contaminazione da parte delle centrali nucleari e sui mezzi per eliminarle o ridurle al minimo.

RISPONDE IL PROF. MARIO SILVESTRI:

Non ho accennato a questo problema che pur ha la sua importanza, ma non perdo l'occasione di esprimere la mia opinione. Obiettivamente io credo — e il prof. Angelini può esser buon testimone, disponendo dei dati di esercizio di tre centrali nucleari nelle quali sono successi tra l'altro alcuni incidenti — che le centrali nucleari non contaminano in alcun modo l'ambiente, sono cioè centrali pulite. Negli Stati Uniti si sta discutendo in moltissime udienze a livello di Stato (non di Confederazione) sulla concessione dei permessi di funzionamento a potenza ridotta per centrali, che sono già alla fine della costruzione e che devono entrare in esercizio: permessi che vengono concessi dopo che la società che deve esercire l'impianto abbia dimostrato di aver ottemperato ad un gran numero di prescrizioni di sicurezza. Qualche volta si innesta una battaglia su una particolare prescrizione o su un certo numero di prescrizioni. Uno dice che tanto basta, l'altro risponde che non è sufficiente, che bisogna aggiungere qualcosa in più, il che può provocare un ritardo di qualche mese nella concessione del permesso d'esercizio provvisorio, in attesa che vengano apportate le modifiche richieste. Questo fa parte della normalissima prassi per la messa in esercizio di centrali nucleari e non nucleari. In particolare per quelle nucleari, non ci sono problemi di contaminazione chimica dell'ambiente, ma solo di contaminazione radioattiva, la quale fortunatamente è ben determinabile. La contaminazione radioattiva è assai più facilmente determinabile della contaminazione chimica, la quale non è legata solo alla presenza di alcuni elementi, ma alla presenza di composti complessi, taluni dei quali magari possono avere azione nociva, benché ancora lo si ignori. Nel caso dell'energia nucleare siamo invece in presenza di radiazioni, che hanno le stesse conseguenze, anche se di origine diversa. Confermo che nessuna centrale nucleare è mai stata fermata, perché abbia avuto delle perdite di radioattività.

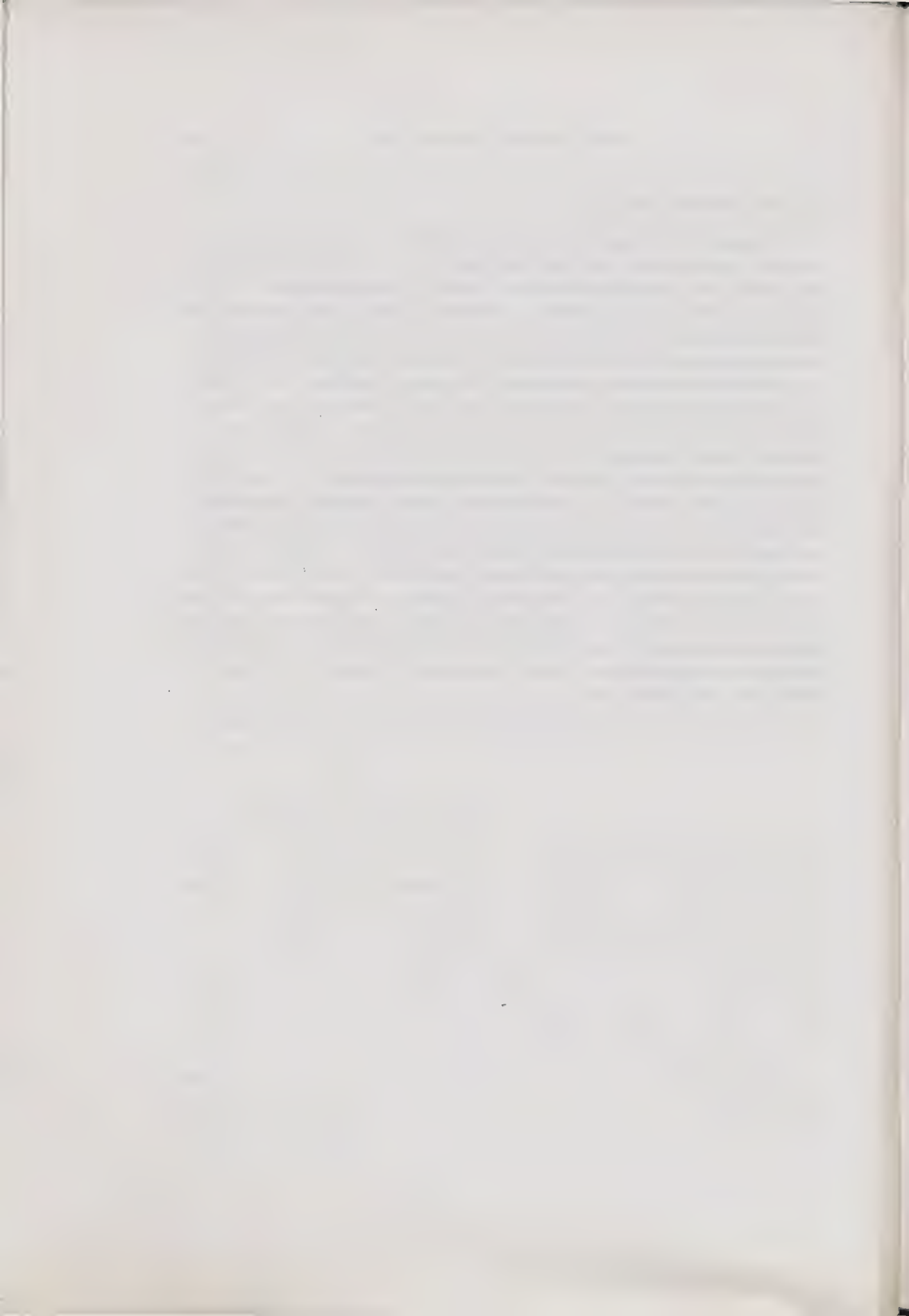
È stata anche diffusa una nutrita statistica del rilascio medio annuo da parte delle centrali nucleari americane in esercizio, rilascio che è qualche per cento di quello massimo tollerabile con continuità. Ripeto ora con altre parole quello che ha già detto il prof. Ferrari, nel distinguere l'arresto tecnico dall'arresto imposto. Il primo viene comandato dalla centrale stessa, esistono cioè dei dispositivi che prevedono che, se il livello di attività supera un determinato valore massimo prescritto, la centrale si autoferma. Un'imposizione amministrativa di arresto si avrebbe se un impianto funzionasse emettendo radioattività al di sopra dei limiti prescritti, in modo doloso e pericoloso (o magari non pericoloso perché i limiti sono ora molto al disotto del livello di pericolo) ma comunque doloso, come avverrebbe se un operatore, quando un certo meccanismo che fa fermare la centrale entrasse in funzione, eliminasse il suo intervento e continuasse a far funzionare la centrale in condizioni tali da superare il livello di attività permesso. Nel permesso di esercizio è elencata quanta radiazione la centrale può emettere. Aggiungo che adesso alcune case costruttrici offrono «impianti a rilascio nullo». Ciò può sembrare una ottima cosa, ma da taluni viene avversato, sostenendo che è preferibile un rilascio ben controllato al di sotto delle dosi massime, piuttosto che l'immagazzinamento di prodotti potenzialmente pericolosi in un unico recipiente che in caso di incidente potrebbe rompersi con fuoriuscita immediata (e quindi pericolosa) di ciò che invece pericoloso non sarebbe qualora venisse rilasciato con gradualità. Certamente la dose di radiazione che l'umanità riceve oggi a causa delle radiografie cui ognuno è sottoposto è migliaia di volte superiore alla dose di radiazione che viene assorbita per cause nucleari, ivi comprese le prove sperimentali di bombe A o H finora avvenute.

Quanto al problema delle scorie:

Esso è un problema di sicurezza. Le scorie radioattive non si possono disperdere come cenere al vento, questo è chiaro. Ma esistono oggi dei mezzi per immobilizzarle, per concentrarle, per racchiuderle, e si dispone dei modi adatti per sigillarle. Di solito non vengono poi gettate in mare, ma sigillate in caverne montane con caratteristiche particolarmente impermeabili. Questi metodi verranno estesi, e i loro costi, ora elevati, verranno ridotti, poiché il problema è tecnico, ed è possibile definire un costo. Non è un problema di rischio ecologico, poiché le scorie radioattive sono veramente tutte raccolte. Sarebbe come se dell'olio combustibile combusto venissero raccolte tutte le ceneri, tutti i prodotti gassosi nocivi venissero impacchettati, solidificati in qualche modo e messi da parte. In questo caso non si potrebbe parlare di contaminazione dell'ambiente da parte di questi prodotti, che invece vengono liberamente rilasciati. Questo non è ammissibile per le scorie nucleari, neanche in piccolissima quantità.

In risposta a un interlocutore che chiede chiarimenti sul problema dell'arricchimento dell'uranio:

In quanto ho detto, ho escluso l'arricchimento isotopico, poiché stavo parlando di attività di carattere industriale. Ora l'arricchimento isotopico, negli Stati Uniti, è problema trattato e risolto a livello governativo. Quando parliamo di fabbricazione di elementi combustibili, di costruzioni di centrali nucleari, di impianti di riprocessamento chimico, parliamo di attività che possono essere maneggiate dalle industrie. Ma per quanto riguarda l'arricchimento dell'uranio, siamo a problema di governo. Neppure in America esso è riuscito ad attirare sufficientemente l'industria. Negli Stati Uniti sono stati eseguiti studi, anche a livello parlamentare, per vedere se era possibile cedere gli impianti di arricchimento alle industrie private (una o più), ovvero cederne una parte all'industria, lasciando al governo la proprietà del resto. Ma in generale gli stessi industriali si sono mostrati contrari a questo provvedimento che introdurrebbe un elemento di aleatorietà nella valutazione del costo del combustibile che invece la gestione governativa elimina mediante le fluttuazioni. Ma è chiaro che solo la potenza di un governo può mediare sui costi delle materie prime, sui costi della mano d'opera, sulla variazione dei tassi di interesse. In Italia il problema dell'arricchimento dell'uranio è un problema a livello governativo, a livello politico, più che tecnico. Ed interessa le industrie eventualmente solo come sottocommittenti per certi lavori, non come protagoniste di primo piano.



An appraisal of air pollution control programs in the U. S.

Summary. — *The organization of air pollution control programs in the U. S. is briefly described. The legal basis for control activities at the federal and local level is delineated, and the contribution of scientific and technological expertise to such programs is discussed. A critique is given of the national research effort in air pollution as well as of the conduct of local abatement programs.*

I. — The legal and scientific bases for air pollution control.

With but few exceptions the control of air pollution by public authorities is based on the exercise of police power to protect public health and welfare ⁽¹⁾. In the U.S., this power constitutionally resides in the states, but may be delegated to cities or other local jurisdictions. Except for the constitutional provisos that the criteria of «due process» and «equal protection» must be observed, any reasonable step may be taken to abate air pollution as a threat to public health or welfare. The actual presence of severe air pollution is not, therefore, an indication of insufficient constitutional power but proof of the failure of the legislature to mandate that power or of the responsible administrative agency to exercise it.

In many states the administrative responsibility for controlling air pollution is vested by legislation in the chief public health official of the state. However, the legislative mandate is often very vague, requiring only that the responsible authority issue regulations to control air pollution. In Massachusetts, the legislation states that «a board of health ... shall have jurisdiction to regulate and control atmospheric pollution ... which constitutes a nuisance, a danger to public health, or impair the public comfort and convenience» ⁽²⁾. It is left to the discretion of admi-

⁽¹⁾ For a detailed review of some legal aspects, see *Air Pollution Control*, in «Law and Contemporary Problems», vol. 33, No. 2, 1968, Duke University School of Law, Durham, N. C.

⁽²⁾ «Laws of the Commonwealth of Massachusetts», chap. 111, article 31 C.

nistrative officials to determine what regulations should be adopted, for what reasons they are to be justified, and how they are to be enforced. Given this wide discretionary power, any control program from vigorous prosecution of polluters to complete inaction can be, and is, defended by public officials as satisfaction of the legislative intent.

Through long tradition, air pollution control is seen by legislators and public administrators as a problem of public health. In this regard, the required justification for abating pollution is invariably held to be the unequivocal determination that harmful health effects result from one or several pollutants, under the conditions which obtain in the local atmosphere. Very often, in the minds of public health officials, the uncertain health effects of air pollution are compared with more prominent and allocatable health damage such as that caused by poor diet, impure food and water, or communicable diseases, or other severe health problems with which such officials must cope. It is small wonder that air pollution is viewed by them as a minor problem.

A second, but related, problem of the public control of air pollution resides in the high technological content of the measures needed to be taken to abate air pollution. Medically-trained public health officials are unable to cope with this aspect of the problem and have incorporated into the medically oriented public agencies groups of engineers, meteorologists, etc. to devise the practical steps to be followed in a control program. Both the general ethos of the medical establishment in the U.S., which is one strongly supportive of laissezfaire medical service, and the traditional orientation of technologists, which is tuned to the economic interests of private enterprise, combine to create a sympathy for and a protection of the predominantly commercial and industrial interests which are to be regulated. In addition, this «public health mafia» often strongly resents the representations of private citizen's groups pressing for cleaner air, which the former rightly assume to be indirect criticism of their professional abilities ⁽³⁾. As a consequence, more energy and time of public health officials is expended on politically visible programs of low effectiveness, such as banning leaf burning, rather than instituting programs which substantially improve air quality, such as restricting emissions from the local electric power plant.

⁽³⁾ This resentment is most clearly expressed by N. Z. MEDALIA, M. D., writing in the «American Journal of Public Health», August 1969, p. 1389: «The citizen should not be told that air pollution control 'is everybody's business', it is not: it is a job for the highly trained specialist. Nor should an attempt be made through mass communication channels to pressure citizens into demanding sweeping forms of community-wide air pollution controls».

It is interesting to note that controversies concerning the use of medical research results to justify imposition of air pollution controls seldom reach the courts for adjudication. One could conclude that the scientific basis for justification of regulations or legislation by public officials has been so conservatively posed that few courts have found cause to upset their actions on such grounds.

There is another aspect of medical research on the effects of air pollution which accentuates the conflict between conservative public health officials and the increasingly militant clean air enthusiast. The latter almost always is an upper middle class citizen who attaches a high value to an «amenity environment», that is, one which is free from aesthetically undesirable and irritating effects such as atmospheric haze, odor or nasal and eye irritation. In contrast, epidemiological studies use as indicators symptoms of severe health disorders such as bronchitis, emphysema, lung cancer and cardiac arrest, which can hardly be considered suitable measures of the threshold level of sensitivity to air pollution as perceived by any but the most severely impacted population in the lowest socioeconomic level of society. Even those studies which use hospital admissions for treatment of pulmonary ailments as an indicator of distress from air pollution fail to consider that, for most middle class Americans, treatment is sought at a hospital only for serious or severe illness. It is therefore quite possible that there can be widespread perception by the public of ill effects of air pollution unaccompanied by any significant increase in serious health disorders such as might be noticed by individual physicians or public health officials.

An important defect of epidemiological studies stems from the practical necessity of limiting the number of individuals studied because of the limitation of time or resources. The statistical uncertainty in a correlation of this limited amount of data often corresponds to a 10-20% increment in the mortality or morbidity rate in question. From an absolute point of view, increases of this amount caused by air pollution undoubtedly constitute a severe public health effect. It can therefore be fairly claimed that the typical epidemiological study can, at best, detect only a severe effect. Use of such studies in setting ambient air quality standards therefore tends to underestimate the less severe impact commonly encountered by large numbers of chronically healthy, but vociferous, citizens (⁴).

(⁴) The tendency to bureaucratize the public health approach is illustrated in the following passage of a letter dated April 20, 1970 from J. C. Romanovsky, Acting Director, Office of Criteria and Standards, NAPCA, to Hon. Philip J. Philbin,

To avoid these difficulties in public administration, and in recognition that air pollution is an aspect of the total environmental problem rather than simply a public health hazard, many cities and states, as well as the federal government, are incorporating air pollution control as an element of an environmental protection administrative unit separate from that involving public health. Although public health effects will continue to determine in part the air quality standards which these new agencies will seek to achieve (and indeed conflicting views of public health and environmental protection agencies are likely to arise), most opinion favors this total environmental approach. Presumably, this reorganization denotes a change in stress from public health to public welfare as the enervating force behind pollution control. It remains to be seen whether these new agencies will be more resistant than the old to the pressures of the regulated interests.

II. - Air quality act of 1967.

Despite the fact that most air pollution abatement action is carried out at the regional or local level, a national program to instigate and guide such action is embodied in federal legislation entitled the Air Quality Act of 1967. Unlike much state or local legislation, this act clearly lays out a program of action required at the federal, state and local (or regional) level. It threatens federal action to bring about abatement if lower jurisdictions do not act in time or with the required degree of enforcement. It provides financial inducements to expand local pollution control activities and offers technical and administrative aid in carrying them out.

discussing the ambient air quality standards adopted by Massachusetts for the Boston Metropolitan Air Quality Control Region: « As originally submitted, the ambient air quality long-term standard for particulate matter... was found to be inconsistent with the air quality criteria document insofar as it did not specify an air quality level which would ensure, with a margin of safety, that the criteria-related health value would be met. The standard was established at $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ as an annual average and this concentration is identical to the level referenced in the criteria document at which increased death rates for persons over 50 years of age may occur... The standard was revised to read $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ as an annual average... Review of the proposed (revised) standards reveals that all of the standards are consistent with the air quality criteria documents insofar as they specify air quality levels which will ensure, with a margin of safety, that the criteria-related health values are met ». Apparently the citizens of Boston are safe by $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

At the federal level, it requires the following actions by the federal administration:

a) The specification of geographic Air Quality Control Regions within which a control program must be initiated by state or regional agencies.

b) The compilation and publication of information on the effects of air pollutants (Air Quality Criteria documents) and the techniques for controlling them (Control Technique documents).

c) The approval of ambient air quality standards and implementation programs which must be adopted by states in accordance with a prescribed time schedule.

d) Intervention to invoke abatement actions in extreme cases of air pollution if local jurisdictions fail to act.

e) Set emission standards for new motor vehicles. States (except California) are preempted from setting more stringent standards.

f) Conduct research programs on the causes, effects and control of air pollution.

State administrations are required to adopt ambient air quality standards for each Air Quality Control Region only after holding a public hearing on the standards proposed. This must be followed by adoption of an implementation program which specifies the steps to be taken to achieve the ambient air quality standards within a reasonable time.

At the present time most of the Air Quality Control Regions have been designated and ambient air quality standards for sulfur oxides and particulates have been adopted and approved. At least two more years will be required to complete the adoption of standards and implementation programs for the remaining principal pollutants.

An unexpected outcome of the procedure for adopting air quality standards, which requires a public hearing, was the strong public pressure for the adoption of standards more stringent than those proposed by the public health authorities and certainly more restrictive than those agreeable to the principal industrial polluters. In most instances authorities were forced to respond by upgrading their proposed standards, which were attacked subsequently by industrial representatives as being unrealistic ⁽⁵⁾.

⁽⁵⁾ Boston was an outstanding exception. Testimony by nearly a hundred witnesses representing citizen's groups as well as the major educational and medical institutions of the Boston metropolitan area was studiously ignored as public health

Inasmuch as these standards are essentially goals to be achieved in the long run rather than strictures which can be enforced legally, the confrontation of public and private interests was more symbolic than real. Nevertheless, both antagonists have been dissatisfied, the clean air enthusiasts because they have been made aware of the painfully slow procedures for achieving abatement and the private interests because they fear the unfavorable consequences of popular pressure on public officials, which they describe as an «emotional overreaction». For these reasons there is now developing a sentiment for the setting of national air quality standards and emission standards by federal authorities. This proposition is supported both by citizens' groups and private industry, for it offers the former the certainty of more immediate abatement action which cannot be deflected even by powerful local interests (it is thought) while the latter expect to achieve more «reasonable» standards through representations by industry-wide organizations to the federal officials who will devise the standards. One can speculate that the escalation of this contest to the federal level will undoubtedly favor those interests which are more effectively organized on a national level.

Among reformist political elements, especially those concerned with environmental degradation, there is the unanimous opinion that federal regulatory agencies should be separated administratively from departments whose principal role may be the furtherance of the industrial interests whose activities are to be regulated. For example, the setting of safe radiation standards and the promotion of nuclear energy are simultaneous (and possibly antithetical) activities of the Atomic Energy Commission. As a consequence, the national administration has proposed the establishment of an Environmental Protection Administration which would oversee the setting of standards for air and water pollution, solid waste disposal, radiation and pesticide usage. The National Air Pollution Control Administration (NAPCA), which is the present federal agency which administers the Air Quality Act of 1967, would be separated from the Department of Health, Education and Welfare in which it now resides and would become a division of the new Environmental Protection Administration. While this change would separate the federal air pollution control activities from the influence of the «public health industry», there would be little change in its relationship to the polluting industries, which could be expected to continue to resist programs for forcing abatement. The fundamental problem of controlling pollution through a multitude of local and regional agencies would still persist.

authorities adopted standards more lenient than those for any other metropolitan region in the U. S.

III. - Effectiveness of local control programs.

The procedures for operating a regional or local air pollution control program have been established through experience over the past several decades. The principal elements of such a program are:

a) Monitoring of ambient levels of common air pollutants, such as sulfur oxides, nitrogen oxides, carbon monoxide, suspended particulates, and total oxidants.

b) Monitoring of effluent discharges, mostly smoke by visual observation but occasionally other pollutants by sample analysis.

c) Supervision of combustion equipment construction and operation through plan approval, inspection and personnel licensing.

d) Regulation of fuel quality, such as limiting sulfur content, fuel additives, etc. Also, control of fuel use or quality during severe air pollution episodes.

In several ways some of these traditional activities are very wasteful of funds and human effort, producing relatively little benefit while incurring great cost. For example, enforcement of smoke regulations for small sources, such as the single family dwelling or small apartment house, is a futile exercise in reducing particulate emissions because visible smoke particles are only a portion of the total particulate emissions, which on the average are more closely related to fuel quality and type than to the design or functioning of the combustion apparatus. Furthermore, the number of such sources is so large that inspection is very infrequent. It would be more effective to discourage the use of fuels whose particulate emissions are relatively high, such as coal or residual oils, and encourage their replacement by fuels of lower particulate emissions, such as distillate oils and natural gas ⁽⁶⁾. The cost of enforcing fuel quality programs is smaller and the effectiveness is much greater than for the traditional approach. This illustration serves to emphasize that very little thought has been given at the local level to operational analysis of existing programs.

Another expensive, and perhaps even unnecessary, aspect of many local programs is the construction of elaborate monitoring networks, including transmission of on-line data to a centrally located computer. The principal justification for such installations is the necessity to alert

⁽⁶⁾ The Boston Air Pollution Control Commission has proposed the banning of the use of coal and residual fuels in the heavily polluted areas of Boston.

the public to impending high pollution episodes and to initiate the use of emergency procedures requiring substitution of cleaner fuels, reduction or cessation of inessential combustion, etc. By the same token, those users of fuel whose normal activities are curtailed or even interrupted by the emergency conditions are anxious to know as soon as possible when the pollution level has returned to normal so that their activities may be resumed. While it would appear that, in the long run interests of public health, abatement should at least proceed to the point where no such emergency conditions would ever be encountered, to many traditional public health authorities the existence of occasional episodes of this type is a necessary price to be paid for maximum utilization of the ambient air resource. If one wishes to drive the atmosphere close to its legal tolerance of pollution content, then one clearly needs a sensitive and speedy measure to alert the public to the impending dangers of over-usage.

IV. — Research.

The bulk of research efforts in air pollution are sponsored by the federal government through NAPCA, which in 1969 spend \$ 7.4 million through its research grants program. This research includes effects of pollution on human and plant life, the properties of pollutants in the ambient atmosphere and methods of control. Additional research is carried out at private industrial laboratories but, judging by the number of scientific publications, it appears to be of considerably smaller magnitude.

The heavy emphasis in the NAPCA research grants program on the character and effects of air pollution reflects the traditional approach to air pollution control, which is one strongly influenced by the public health point of view. The objective of this approach is to relate in a scientifically objective manner the effects upon human health of specific pathogens in the ambient air, and to determine quantitatively the limits of pollution tolerable to the population at large. Provided with this information (and assuming that it can be obtained), public authorities can then determine which pollutant emissions need to be reduced, and by how much. Finally the affected polluters will be required to reduce their emissions to the desired level through use of whatever techniques are available.

It is remarkable that the last, but certainly crucial, step in this approach has received the least attention from NAPCA (only 25% of the research grants expenditures are concerned with the measures by which pollution can be reduced). In defense of this minimal effort to cure the disease while concentrating most resources on its diagnosis, it could be

maintained that it is the responsibility of industry to improve its products and processes to meet the required abatement schedule. Whatever the merits of such reasoning, the facts are mostly otherwise, few industries or private concerns having been induced to spend funds on research whose outcome will whet the appetite of regulatory agencies to demand more abatement, and sooner, than would otherwise be the case. It is invariably the rule that abatement of pollution increases the cost of products or services and impedes the freedom of operations of a given enterprise, so that it is in its own interest to delay the imposition of pollution controls and, that failing, to reduce their severity as much as possible, especially if a competitive advantage ensues. It is unreasonable to expect the individual or the industry to hasten or upgrade the abatement action, especially at its own expense.

There are other reasons why research expenditures by individual enterprises are bound to be minimal. The benefits of research may well accrue to the whole industry while the cost may fall entirely upon the individual who undertakes it. Industry-wide organizations, such as the American Petroleum Institute and the Edison Electric Institute, which sponsor research from funds voluntarily contributed by members, in part spread the cost over a larger number of beneficiaries. At the same time, these organizations have as their primary purpose the promotion of the interests of their members, which may (and often is) seen to be in conflict with the necessity for developing abatement processes. This internal conflict is not greatly different from that of the public agencies having a dual role both to promote and to regulate a given industry.

One of the great disabilities from which regulatory agencies suffer is their dependence upon the regulated industry for technical information which is crucial to the determination of what abatement is possible. As an example, the emission standards for new automobiles are determined by NAPCA after consultation with the automotive manufacturers. Since the annual expenditures for automotive pollution controls are currently approximately \$ 300 million and since the automobile is a major source of pollution in every large metropolitan area, both the manufacturers and the public at large have a major interest in the outcome of the automotive emissions abatement program. However, the annual expenditure by NAPCA on research on vehicle emissions is only \$ 0.5 million, an effort which seems to be incommensurate with the problem which is being attacked. Although the automotive manufacturers have sufficient resources to expend much greater amounts than this for research, and may have done so, the results of their research have not been made fully available either to the scientific community or the federal regulatory agencies, for obvious reasons.

There is unanimous opinion within the free research community (i.e., those not in industrial laboratories) that the amount of research on air pollution (and indeed on all environmental problems) is much less than what will be needed to reverse the rapid progress of environmental deterioration. Even discounting the self serving instincts of research scientists to exaggerate the importance of their own work, this judgement of the exceptional inadequacies of national planning cannot be dismissed as inconsequential. Unfortunately for the control agencies, whether national or local, there is little prospect of their making significant gains until they are as knowledgeable about the science and technology of pollution as the industries they are attempting to regulate.

Contaminazione dell'aria prodotta nell'area urbana da impianti termici.

Summary. — *The question of the contamination of the air in great towns is examined and clarified with some applications of the mathematical theory of laminar diffusion, which is the most unfavourable case.*

1) La contaminazione dell'aria nelle grandi città moderne costituisce un problema che può essere studiato avendo riguardo alla sua origine, cioè alle fonti di produzione dei contaminanti; alla sua diffusione nell'atmosfera dell'area urbana, soprattutto nelle condizioni più sfavorevoli di diffusione laminare; infine ai mezzi da adottare per la sua eliminazione, o almeno per l'attenuazione degli effetti nocivi che essa produce sull'uomo, sulla vegetazione e sugli edifici ed opere monumentali.

2) I contaminanti dell'aria possono essere costituiti da polveri e da particelle solide prodotte da combustioni, da sospensioni di minutissime goccioline e da sostanze gassose.

Una classificazione delle componenti solide può essere fatta con riferimento alle dimensioni delle particelle che le compongono ed alle leggi della loro libera caduta nell'atmosfera o della loro sospensione in essa.

I moti Browniani tengono in sospensione le particelle aventi dimensioni minori di $0,1 \mu m$ circa e questo mondo microscopico è molto più vario e complesso, come spettro di dimensioni e varietà di forme e come costituzione (organica e inorganica) di quanto si possa immaginare.

Per effetto di microturbolenza nella libera atmosfera, anche se apparentemente calma, si trova sospeso in permanenza del pulviscolo con granuli di dimensioni fino a circa $1 \mu m$; in atmosfera un poco agitata la dimensione delle particelle in sospensione può salire fino a circa $10 \mu m$, e in vicinanza di macchine in rapido movimento anche fino a $100 \mu m$ ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ P. E. BRUNELLI - C. CODEGONE, *Fisica Tecnica*, vol. II: *Termocinetica*, parte II, Edit. Giorgio, Torino, 1967, p. 286.

Fra le particelle in permanente sospensione, rese facilmente visibili mediante l'effetto Tyndall, si distinguono in meteorologia quelle costituenti la polvere propriamente detta (sollevata per lo più per effetto del traffico dal manto stradale o prodotta da lavorazioni industriali ed avente pertanto le più varie origini) da quelle dei cosiddetti nuclei di condensazione, spesso molto più numerosi e piccoli delle precedenti e provenienti principalmente da residui di combustioni (fumo, specie se prodotto da combustibili leggeri quali tabacco, carta, ecc.) ⁽²⁾.

È opportuno a questo proposito ricordare che le particelle con dimensioni superiori a circa $5\ \mu m$ sono arrestate nelle cavità nasali, mentre quelle con dimensioni comprese fra $0,5$ e $5\ \mu m$ circa, se ispirate non vengono più riemesse e rimangono quindi nei tessuti polmonari.

Il fumo del tabacco è invece espirato per la notevole parte avente dimensioni inferiori a $0,3\ \mu m$ circa.

Lo studio delle fiamme prodotte da combustibili solidi polverizzati o da liquidi nebulizzati ha mostrato che la loro rapida ossidazione procede in tre tempi: il periodo del preriscaldamento fino alla temperatura di infiammazione; quello della rapida ossidazione dei prodotti volatili; quello infine, più lento dei precedenti, della combustione dei residui pesanti e carboniosi, facilmente interrotto se la fiamma urta contro pareti fredde.

L'analisi teorica e sperimentale dei suddetti fenomeni, che hanno luogo anche negli impianti termici urbani, ha chiarito le leggi seguite nella indicata successione ⁽³⁾ ed ha posto in evidenza l'importanza che per una completa combustione hanno l'esiguità delle dimensioni delle particelle (inizialmente comprese secondo i casi fra 10 e $100\ \mu m$ circa); la permeabilità all'ossigeno delle sostanze di cui sono composte, come pure la prevalente lunghezza dell'ultima delle tre fasi citate, ciò che dovrebbe impegnare a disporre di uno spazio sufficiente per lo sviluppo completo della fiamma, condizione questa purtroppo non sempre osservata e causa della emissione di incombusti.

Quanto alle leggi di libera caduta in atmosfera tranquilla basterà ricordare che nell'ampio intervallo dei diametri compresi fra 1 e $200\ \mu m$ circa (che comprende le polveri fini, prodotte anche da forni e procedimenti industriali, le goccioline di nebbia, eventualmente sature di contaminanti gassosi, ecc.) è ritenuta applicabile la legge di Stokes che afferma essere la velocità di libera caduta di granuli sferici proporzionale al quadrato del loro diametro ed alla differenza fra la densità del granulo e quella dell'aria.

Per dimensioni superiori al limite citato e fino ad alcuni millimetri (grosse polveri, gocce di pioggia) è ritenuta invece applicabile la legge di

⁽²⁾ *loc. cit.*, nota ⁽¹⁾, p. 360.

⁽³⁾ *loc. cit.*, nota ⁽¹⁾, p. 513.

Newton, secondo la quale la suddetta velocità, ovviamente molto più rapida della precedente, è proporzionale alla radice quadrata sia del diametro sia del rapporto della densità della particella alla densità dell'aria.

3) Fra i contaminanti gassosi si possono distinguere quelli provenienti da combustioni incomplete in impianti termici e in motori a combustione interna, quali sono l'anidride solforosa, quella solforica, l'ossido di carbonio, ossidi di azoto, residui di idrocarburi, da quelli, molto vari, provenienti da scarichi di stabilimenti industriali, specie se chimici, rimasti compresi nel contesto urbano, alla sua periferia, dal rapido accrescimento delle città.

La loro distribuzione nell'atmosfera, supposta perfettamente tranquilla, è retta dalle leggi della diffusione. Si è scelta qui l'ipotesi della diffusione laminare anziché di quella turbolenta perché essa è la più sfavorevole dal punto di vista dell'inquinamento atmosferico.

Le leggi della diffusione laminare, presentano, dal punto di vista analitico, delle notevoli analogie formali con quelle riguardanti la propagazione termica per conduzione.

E infatti il flusso di una sostanza gassosa in un'altra, riferito all'unità di area e di tempo, risulta allora proporzionale al gradiente della concentrazione della prima nella seconda, così come il flusso termico, con gli stessi riferimenti, risulta proporzionale al gradiente di temperatura ⁽⁴⁾.

Il coefficiente del gradiente di concentrazione, detto coefficiente di diffusione, può in generale variare, oltre che con la natura e lo stato dei gas, anche con la posizione del punto considerato e con la direzione del flusso.

Le condizioni più sfavorevoli si hanno come si è detto con atmosfera tranquilla, cioè in assenza di vento e di altre perturbazioni che accelererebbero l'asportazione dei contaminanti.

Una soluzione analitica abbastanza generale si ottiene supponendo che in un dato istante, assunto come origine dei tempi, la sorgente emetta una quantità unitaria di inquinante in un mezzo omogeneo e isotropo.

La concentrazione c di detto inquinante al tempo τ e alla distanza r dalla sorgente è allora proporzionale alla espressione (analoga a quella fornita dal Kelvin per il caso termico) ⁽⁵⁾:

$$(1) \quad \frac{e^{-(r^2/a\tau)}}{(a\tau)^{n/2}}$$

⁽⁴⁾ C. CODEGONE, *Problemi vecchi e nuovi di trasmissione del calore*, in «Rendiconti Seminario Matematico», Torino, vol. X, 1950-51, pp. 111/138. — Cfr. pure H. S. CARLSLAW, J. C. JAEGER, *Conduction of heat in solids*, Oxford, 1947.

⁽⁵⁾ W. THOMSON (Lord Kelvin), *Math. a. Phys. Papers*, Cambridge, vol. II, 1884. — Cfr. pure JAHNKE, EMDE, LÖSCH, *Tafeln höherer Funktionen*, Stuttgart, 1960, p. 295.

in cui a è una costante legata al coefficiente di diffusione ed n sta a qualificare, come segue, la dimensione geometrica del sistema:

$n = 1$; sorgente piana illimitata; superfici di ugual concentrazione piane e parallele;

$n = 2$; sorgente rettilinea illimitata; superfici a uguale concentrazione cilindriche e coassiali alla sorgente;

$n = 3$; sorgente puntiforme; superfici a ugual concentrazione sferiche e concentriche alla sorgente. La quantità costante di inquinante emessa si intende riferita all'unità di area per $n = 1$ ed all'unità di lunghezza per $n = 2$.

In ogni punto la funzione c ammette col tempo un massimo e il rapporto $c/c_{\max}$ assume l'espressione:

$$(2) \quad \frac{c}{c_{\max}} = mx^n \cdot e^{-x^2}$$

in cui

$$m = \left(\frac{2e}{n} \right)^{n/2}$$

(3)

$$x = \frac{r}{\sqrt{a\tau}}.$$

La costante m assume i valori 2,330; 2,718; 2,439 rispettivamente per $n = 1$, $n = 2$; $n = 3$.

L'andamento del rapporto $c/c_{\max}$ in funzione di $a\tau/r^2$ è rappresentato nella fig. 1.

Da essa si deduce che il fenomeno giunge rapidamente al suo massimo e poi decade con rapidità crescente al crescere di n .

Tenendo conto che in città il funzionamento degli impianti termici è per lo più intermittente si può ricavare dal grafico una conseguenza pratica importante: essere cioè opportuno concentrare l'emissione in poche sorgenti periferiche situate a notevole altezza piuttosto che lasciarla distribuita in tante piccole sorgenti a breve altezza dal suolo.

Ed è ciò appunto che si intende fare, anche per altri motivi, con le cosiddette «centrali termiche urbane» poste a servizio, mediante reti di condotte distributrici termicamente isolate, di ampie zone cittadine e sempre più diffuse in Italia e all'estero.

In tali centrali, non di rado di notevole potenza e adibite talvolta anche alla produzione di energia elettrica, è possibile conseguire una com-

pleta combustione con elevati rendimenti, assicurando con personale specializzato un razionale funzionamento degli impianti ed una loro tempestiva e accurata manutenzione.

4) A conclusioni analoghe si giunge supponendo che l'emissione, anziché essere intermittente, si prolunghi in modo costante nel tempo, ciò che in sostanza equivale dal punto di vista analitico a riferire la quan-

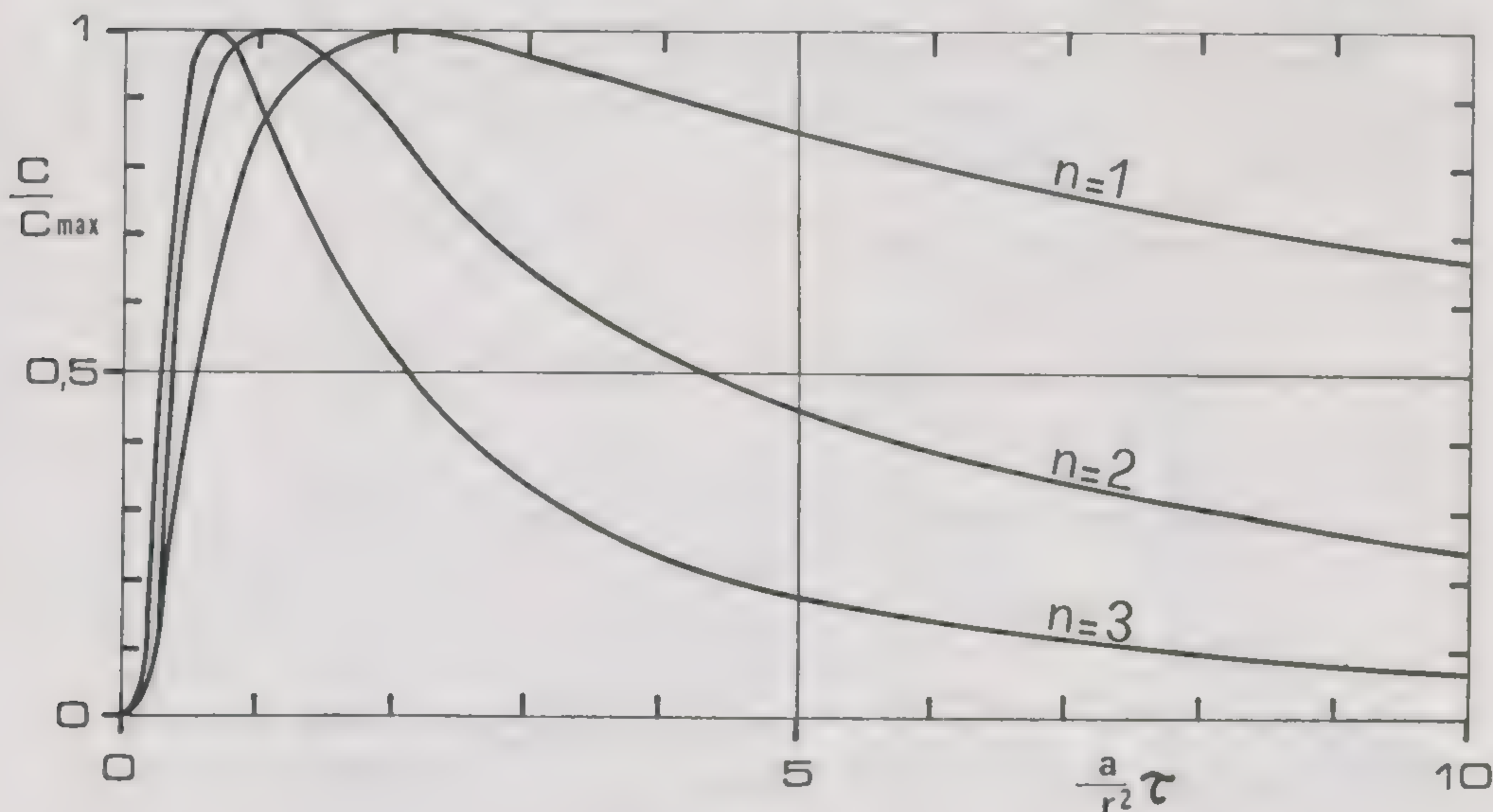


Fig. 1.

tità emessa all'unità di tempo e ad eseguire una integrazione rispetto a τ della espressione prima indicata.

In un dato punto la concentrazione cresce allora col tempo tenendo assintoticamente ad un massimo per $\tau = \infty$.

Ad esempio nel caso della sorgente puntiforme, quindi per $n = 3$, il rapporto fra la concentrazione c al tempo τ e quella $c_{\max}$ del regime stazionario vale semplicemente:

$$(4) \quad \operatorname{erfc} \left(\frac{r}{\sqrt{a\tau}} \right)$$

in cui il simbolo «erfc» rappresenta il complemento a 1 della nota funzione di errore di Gauss. Tale funzione assume il valore 1 per $\tau = \infty$ ⁽⁶⁾.

Alcuni valori della funzione «erfc» sono dati dalla seguente tabella.

⁽⁶⁾ La funzione $\operatorname{erf} x = (2/\sqrt{\pi}) \cdot \int_0^x e^{-x^2} \cdot dx$ è tabellata nel volume di JAHNKE, EMDE, LÖSCH, *loc. cit.*, p. 31.

TABELLA I.
Valori della funzione $\operatorname{erfc} x$.

x	$=$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$\operatorname{erfc} x$	$=$	1,00	0,888	0,777	0,671	0,572	0,480
x	$=$	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	2
$\operatorname{erfc} x$	$=$	0,396	0,322	0,258	0,203	0,157	0,047

Risulta allora agevole rappresentare (v. figg. 2 e 3) l'andamento di $c/c_{\max}$ rispettivamente con la distanza r dalla sorgente (per τ costante) e col tempo τ (per r costante).

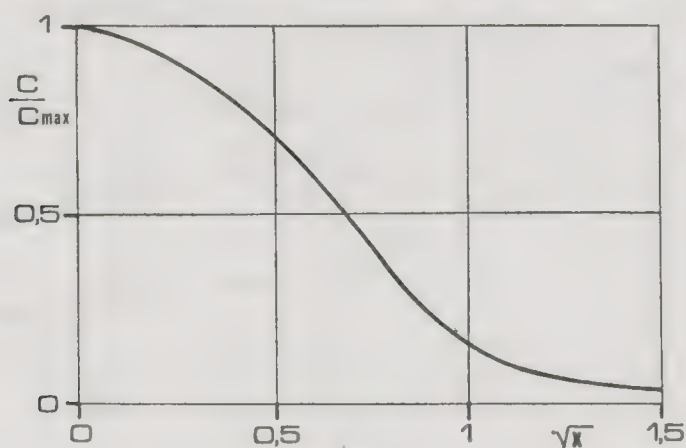


Fig. 2.

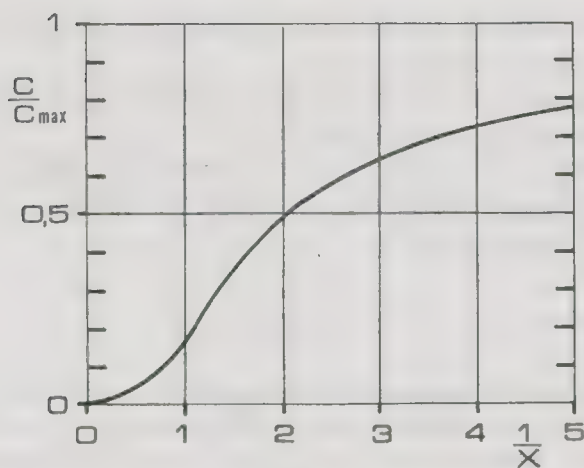


Fig. 3.

Anche negli altri due casi esaminati (sorgenti rettilinee e piane) l'andamento del rapporto c/c_{∞} per $\tau \rightarrow \infty$ tende ovviamente a 1, ma

con accostamento più rapido all'assintoto al diminuire di n . In particolare per la sorgente rettilinea si utilizza per il calcolo la funzione analitica E_1 detta «integrale esponenziale» (7).

5) Le considerazioni precedenti riguardano, oltre alle sorgenti puntiformi, sorgenti rettilinee e sorgenti piane illimitate.

Il caso, pure abbastanza generale, di sorgenti piane rettangolari, quindi limitate ad esempio nelle due direzioni ortogonali x e y , può, per il regime permanente, porsi analiticamente nel seguente modo (8):

$$(5) \quad d^2\gamma = d^2 \left(\frac{2\pi k c}{q X_0} \right) = \\ = \frac{d\xi \cdot d\eta}{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2 + z^2}$$

in cui, per semplicità di trattazione sia le coordinate x, y, z misurate dal centro del rettangolo, sia le coordinate ξ ed η dell'elemento di area $d\xi \cdot d\eta$, emettente l'inquinante con la costante produzione q per ogni unità di area e di tempo, sono state divise per una dimensione lineare caratteristica del sistema (nel nostro caso la semibase X_0 del rettangolo).

Anche i risultati sono espressi in forma adimensionale avendo moltiplicato la concentrazione c di inquinante nel punto considerato di coordinate x, y, z per il rapporto $2\pi k/qX_0$, essendo k il coefficiente di diffusione del caso in esame, in cui si è supposto il mezzo omogeneo e isotropo (9).

La soluzione della (5) è espressa da somme di funzioni trigonometriche iperboliche e circolari. Essa è rappresentata in fig. 4 per $z = 0$ (piano orizzontale x, y) e per area emettente di forma quadrata.

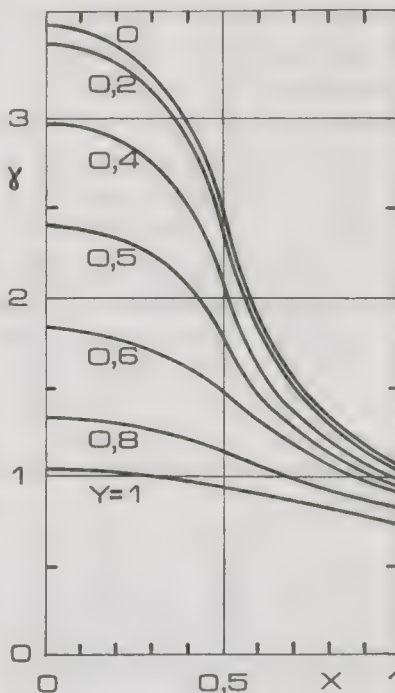


Fig. 4.

(7) *loc. cit.*, nota (6), p. 23.

(8) G. Bozza, *Inquinamento atmosferico provocato da sorgenti estese*, in «Ricerche di Termotecnica», n. 14, 1964, pp. 3/21.

(9) Le variazioni in altezza del coefficiente di diffusione sono presumibilmente rilevanti, ma al riguardo i dati sperimentali sono pochi e poco coerenti fra loro.

Si noteranno le notevoli variazioni di concentrazione (da 1 a 3,5 circa) nel passare dal perimetro alla zona centrale ed è ovvia la conseguenza per le zone urbane.

Dalla (5) è anche possibile dedurre il caso di una striscia emettente di lunghezza illimitata.

Inoltre, procedendo per sovrapposizione di effetti, dalle soluzioni accennate è possibile dedurre ciò che avverrebbe in casi complessi quali quelli di più superfici emettenti rettangolari disposte a intervalli con successione regolare, ovvero disposte a scacchiera e così quelli di lunghe strisce parallele o incrociate o disposte a stella, in modo da imitare la disposizione dei quartieri urbani e delle arterie cittadine di maggior traffico.

È per tal guisa possibile risolvere dei problemi di minimo a parità di area totale inquinante ed a parità di emissività specifica e studiare l'influenza della posizione e dell'ampiezza di aree verdi non inquinanti.

Risultano favorevoli, com'è del resto intuitivo, le disposizioni stellari e la presenza di grandi parchi in zone non troppo periferiche.

Se nell'atmosfera si formano correnti in moto turbolento (ciò che è favorevole all'asportazione dei contaminanti) l'impostazione del calcolo va mutata e diviene più complessa ⁽¹⁰⁾.

6) La valutazione dei coefficienti di diffusione è tutt'altro che agevole.

Nel caso qui considerato di inquinamento prodotto da centrali termiche è da tenere presente che al disopra di queste l'atmosfera si riscalda per effetto della emissione di gas caldi e pertanto nell'atmosfera stessa, anche se inizialmente tranquilla, hanno origine correnti che tendono a modificare le iniziali supposte isotropia del mezzo e laminarità dei moti.

Non è da stupire che in tali condizioni i risultati sperimentali siano poco concordanti e non sia possibile fornire altro che gli ordini di grandezza dei coefficienti k di diffusione.

Tali ordini di grandezza vanno da 0,10 a 10 m²/sec e crescono al crescere della velocità delle correnti convettive e anche dell'ampiezza dell'area emettente ⁽¹¹⁾.

⁽¹⁰⁾ Riguardo all'influenza del vento sugli alti camini e alla formula di Bosanquet e Pearson [del tipo: $c = aq/(x^2 \cdot e^{-b/x})$] che la esprime al suolo alla distanza x dalla base, si veda il volume citato nella nota ⁽¹⁾ a p. 577, e: N. ZURLO, G. FRIGERIO, *Sulla dispersione dei gas emessi da sorgenti elevate*, in «La Termotecnica», n. 10, 1956, pp. 207/215. Cfr. pure F. N. FRENKIEL, P. A. SHEPPARD, *Atmospheric Diffusion and Air Pollution*, New York, 1959. È qui considerata la diffusione turbolenta.

⁽¹¹⁾ *loc. cit.*, nota ⁽⁸⁾.

Il tempo necessario per il raggiungimento delle sfavorevoli condizioni di equilibrio stazionario è in genere fortunatamente molto lungo, dell'ordine di settimane, quindi il più sovente maggiore della durata delle condizioni atmosferiche avverse (aria perfettamente tranquilla).

Ad esempio per un cubo di lato L , con la faccia inferiore emettente il tempo necessario per l'emissione di quanto è contenuto a regime nel cubo stesso, vale semplicemente (in secondi):

$$(6) \quad \frac{0,23 L^2}{k}$$

e per $L = 6000$ m, $k = 10$ m²/sec, esso corrisponde a una diecina di giorni, beninteso supposto che anche a grande altezza l'agitazione dell'aria non sia tale da accrescere notevolmente la rapidità di diffusione dell'inquinante.

Le situazioni reali corrispondono per lo più a inquinamenti in periodi transitori e gli elevati valori di regime assumono piuttosto il significato di indici di pericolosità per condizioni atmosferiche avverse di ampiezza (anche in quota) e di durata realmente eccezionali.

7) Nel caso di impianti termici per riscaldamento di edifici e con combustione a nafta contenente zolfo l'inquinante considerato è l'anidride solforosa, la cui concentrazione nell'atmosfera al suolo è comunemente assunta quale indice dell'inquinamento.

Le nafte bruciate in detti impianti contengono in genere circa il 3% di zolfo e poiché il consumo di combustibile nelle zone urbane può all'incirca variare, a seconda delle cubature riscaldate, da 3 a 30 g/m² · h, la produzione di SO₂ può crescere da 0,2 a 2 g/m² · h circa, intendendosi i metri quadrati riferiti alla superficie orizzontale globale della zona in esame.

Secondo alcuni Autori il limite massimo ammissibile della concentrazione di SO₂ è di 1 mg/m³, ma si consiglia di non superare 0,3 mg/m³ nelle aree industriali e 0,05 mg/m³ in quelle residenziali.

Gravi disagi e stati patologici si sono rilevati a Londra nelle giornate di atmosfera fittamente nebbiosa ed eccezionalmente tranquilla del principio di dicembre del 1962, con segnalazioni medie giornaliere di oltre 5 mg/m³ di SO₂ e, con minore gravità, nei giorni 23 e 24 gennaio 1964 a Milano, con rilevazioni fino a 4 mg/m³. A Torino l'influenza delle colline e dei venti alpini rende la situazione meno allarmante. È noto che nelle peggiori condizioni si formano ad alcune centinaia di metri sopra le grandi città delle cappe scure immobili.

8) Avvisando ai rimedi, per le circostanze più sfavorevoli potrebbe bastare il rilievo riguardante l'adozione del gasolio in luogo delle comuni nafte combustibili, come richiesto da una recente legge in progressiva attuazione nei grandi centri urbani. Con tale adozione si riducono a meno di un terzo le indicate cifre di produzione dell' SO_2 , ottenendosi inoltre il beneficio di una notevolissima riduzione nella emissione di particelle solide parzialmente combuste.

Legge opportuna dunque quella citata, che ha consentito di intervenire alla radice del male attenuandolo grandemente, come rilievi effettuati nel decorso inverno hanno confermato.

Vantaggi ancora maggiori si otterrebbero dal punto di vista igienico con la totale desolfurazione degli oli minerali (di cui si auspicano procedure economiche) e con l'impiego del gas metano che è

privo di zolfo e di cui oggi, sia per quello naturale sia per quello prodotto dalla gasificazione di oli minerali, si preconizza una vasta adozione anche nel campo del riscaldamento urbano.

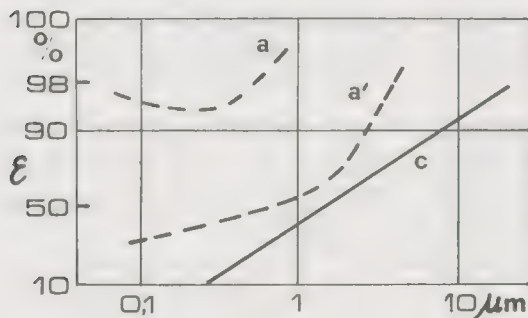


Fig. 5.

9) Negli impianti di condizionamento dell'aria, sempre

più diffusi nei centri commerciali e residenziali, è in ogni caso disposta la filtrazione dell'aria di ricambio aspirata dall'esterno.

La fig. 5 mette in evidenza con le linee *a* (filtro pulito) ed *a'* (filtro da ricambiare) che l'efficacia dei filtri adottati in tali impianti (per lo più a base di intrecci di fibre), cioè la percentuale ponderale di particelle da essi captata, dipende dallo spettro di dimensioni delle particelle stesse, ha carattere selettivo e decade coll'uso richiedendo periodici ricambi.

I mezzi puramente meccanici (linea *c* relativa ad un ciclone agente per forza centrifuga) sono poco efficaci per diametri di particelle inferiori ad alcuni μm ⁽¹²⁾.

(12) *loc. cit.*, nota (2). Si vedano pure su questi argomenti i seguenti lavori sperimentali eseguiti nell'Istituto di Fisica Tecnica del Politecnico di Torino:

P. ANGLESIO, *Esperienze su un depuratore a secco di gas polverosi*, in «La Termotecnica», n. 1, 1969;

P. ANGLESIO, A. SACCHI, *Prove su filtri per impianti di condizionamento*, in corso di pubblicazione su «La Termotecnica».

L'impiego sempre più esteso di adatti combustibili, combinato con quello di un'adeguata filtrazione dell'aria, consentono di sperare in un crescente miglioramento delle condizioni igieniche nelle grandi aree urbane.

P. ANGLESIO, *Prove su emissioni ponderali di impianti di combustione*, XXIV Congr. Naz. Ass. Termotecnica Italiana, Bari, 1969.

C. BOFFA, *Sui metodi per la generazione di aerosol monodisperso*, in « Atti Acc. Sc. Torino », vol. 104, 1969-70, pp. 397/412.

Si veda pure: *Air pollution Handbook*, Ed. Mc Graw-Hill, New York, 1956.



Mechanism of air pollutant formation in internal combustion engines (**).

Abstract. — *This paper summarizes the research being conducted in the Mechanical Engineering Department at the Massachusetts Institute of Technology on the mechanism of air pollutant formation in internal combustion engines. Four basic problems are discussed: 1) the aerodynamics of the hydrocarbon rich boundary layers, 2) the thermodynamics of internal combustion, 3) the mechanism of NO formation and 4) the effect of threebody reactions on the formation of CO. Some practical applications of the research to the reduction of air pollution are also suggested.*

Internal combustion engines are the largest single source of air pollution in urban areas of the United States. They produce 90% of the carbon monoxide CO, 50% of the oxides of nitrogen NO_x, and 70% of the unburned hydrocarbons. In the presence of sunlight these pollutants further react with air to produce the extremely objectionable photochemical smog typical of that found in the Los Angeles basin and I believe also here in the Piedmont region.

Since air pollution was recognized as a critical problem approximately ten years ago many possible solutions have been proposed. Some of these involve replacing internal combustion engines with other power plants such as electric motors or steam engines. Other involve improved mass transportation systems to reduce the number of cars on the road. Last but not least, there is the possibility of modifying the internal combustion engine to decrease the pollution it produces. This is the approach I shall consider in the present paper.

Today there are dozens of technically feasible methods of reducing air pollution from internal combustion engines to acceptable levels. All of them, however, involve some compromise in either performance, reliability, or cost. The problem therefore is not so much to find a solution but to find the *optimum combination* of solutions. To do this with any degree of confidence, it is necessary to have a basic understanding of the processes by which pollutants are formed in internal combustion engines.

(*) Ford Professor of Engineering.

(**) This work was supported in part by grants from the M. I. T. Sloan Basic Research Fund, and the M. I. T. Urban System Laboratories.

Obviously a high level of confidence is particularly important in this case because of the tremendous capital investment required to make even minor modifications in the millions of engines produced annually.

To assist with the problem, the Thermodynamics and Fluid Mechanics groups in the Mechanical Engineering Department of the Massachusetts Institute of Technology have been studying the fundamental processes responsible for pollutant formation in internal combustion engines. Four basic problems are being investigated: 1) the aerodynamics of the hydrocarbon rich boundary layers on the cylinder walls; 2) the thermodynamics of internal combustion; 3) the mechanism of NO formation and «freezing» in the gas phase; and 4) the effect of three-body reactions on the «freezing» of CO.

Aerodynamics of Boundary Layers.

It has been established in experiments carried out at the General Motors Research Laboratories [1] that the major sources of unburned hydrocarbons in the exhaust of an internal combustion engine are the

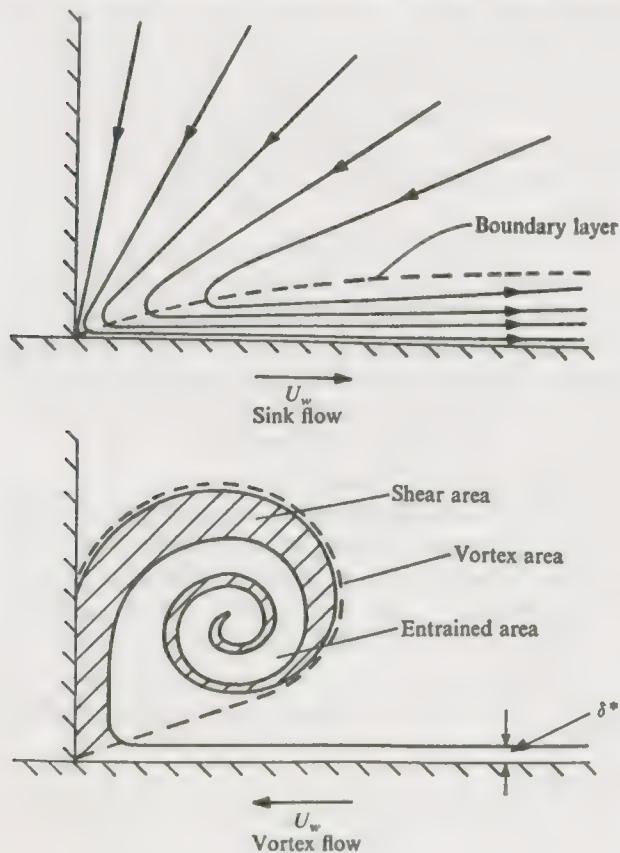


Fig. 1.

Types of boundary flow observed in water analog for retreating (sink flow) and advancing (vortex flow) pistons.

cool boundary layers on the cylinder walls. The question of how these boundary layers are ejected from the cylinder, however, has not yet been answered. Three separate layers whose aerodynamic behavior is expected to be distinctly different must be considered: one on the cylinder head, the second on the piston face, and the third on the cylinder side wall.

In our initial investigations of this problem we have been studying the manner in which the advancing piston scraps up the side wall boundary

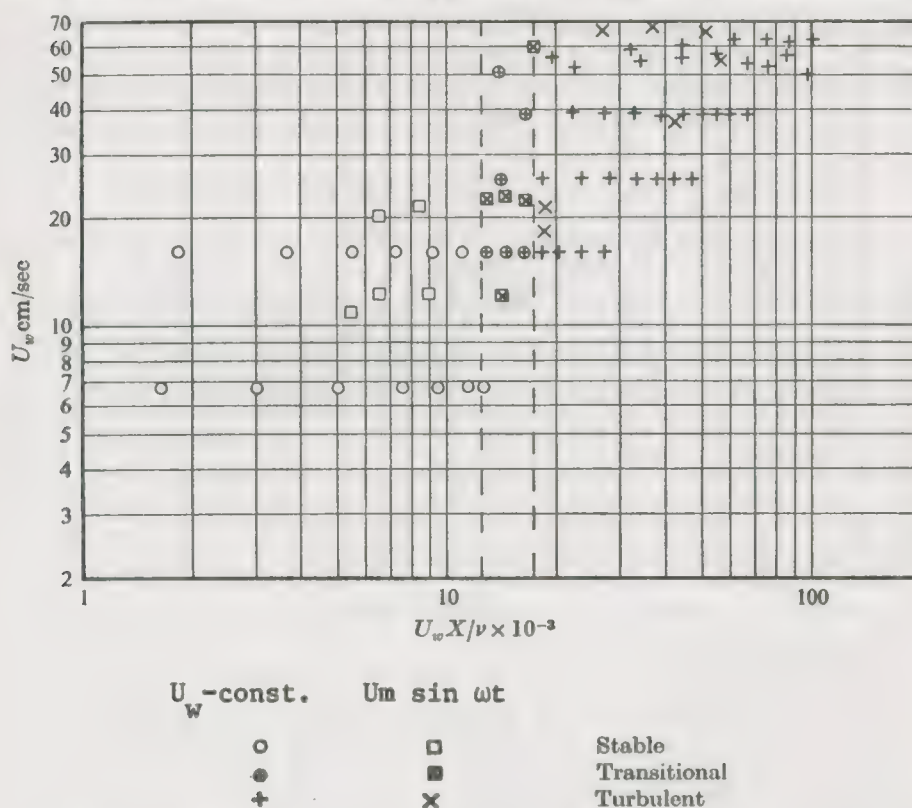
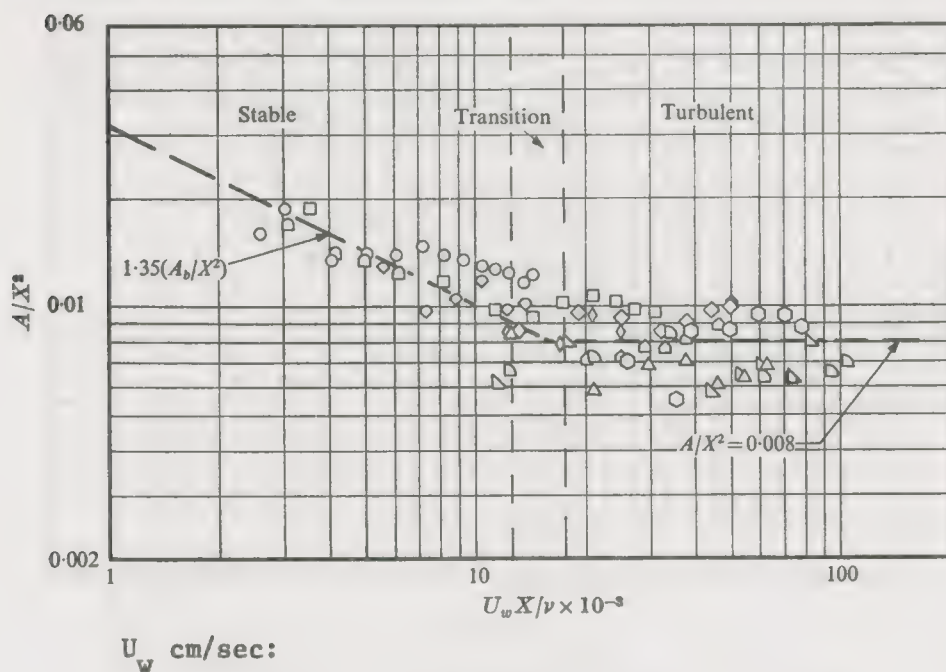


Fig. 2.

Character of vortex flow as a function of piston velocity and Reynold's number based on stroke.

layer during the exhaust stroke [2]. A water analog of the cylinder of an internal combustion was constructed in which the appropriate Reynold's numbers could be reproduced and the behavior of the boundary layer studied for both advancing and retreating piston. The flow patterns were visualized using both dyes and illuminated fish scales. Unfortunately the original photographs are difficult to reproduce but examples of the types of motion observed are illustrated by the drawings in figure 1. In the case of a retreating piston the boundary layer drags fluid out of the corner between the piston face and the wall resulting in the type of «sink

flow » illustrated in the upper part of the figure. For an advancing piston, which is the case occurring during the exhaust stroke, the piston « roles up » the boundary layer into a spiral vortex having a cross-sectional area very nearly twice the cross-sectional area of the boundary layer swept up. Initially the vortex is laminar as shown in the lower part of fig. 1, however, as the length of the stroke increases the vortex goes through a transition and becomes turbulent.



○ 7.1	◇ 16.0	△ 34.0	◊ 52.3
□ 7.1	◇ 25.6	△ 35.0	◊ 58.3
□ 15.7	◇ 30.1	△ 50.1	

Fig. 3.

Vortex area divided by the stroke length squared as a function of Reynold's number.

The character of the flow for various piston velocities is shown as a function of the Reynold's number based on the length of the stroke X in fig. 2. Most of the data shown are for constant piston velocity but a few runs for a sinusoidally varying velocity are also shown. It can be seen that transition occurs at a Reynold's number of approximately 15000 which is typical of that at the end of the stroke in an internal combustion engine.

Figure 3 shows the cross-sectional area A of the vortex divided by the square of the stroke X^2 as a function of Reynold's number. In the laminar regime where the boundary layer thickness grows as $X^{1/2}$, the vortex area grows as $X^{3/2}$. In the turbulent regime where the boundary layer

grows as X , the vortex area grows as X^2 . This is precisely what would be expected from a simple «role up» of the boundary layer.

These results imply that in an internal combustion engine the diameter of the «role up» boundary layer at the end of the stroke will be close to the clearance height. Thus we might expect a large fraction of the unburned hydrocarbons to be ejected at the end of the exhaust stroke. This effect has actually been observed in the General Motors experiments [1] and in experiments currently in progress at M.I.T. We may anticipate from these observations that cylinder head and piston geometry, exhaust valve location, and particularly clearance height at T.D.C. will have an important effect on the emission of unburned hydrocarbons.

Thermodynamic Model of Internal Combustion.

It is well known that in an internal combustion engine the major energy producing reactions are very close to equilibrium and that the trace concentration of pollutants formed have a negligible effect on the overall thermodynamic state of the burned gas. Thus, we may first determine state of the gases within the cylinder using equilibrium thermodynamics and then treat the process of pollutant formation as a perturbation later.

To do this we have developed a simple analytic model [3] of internal combustion which permits one to calculate the thermodynamic state of the gases from a knowledge of the pressure and volume of the system as a function of time. The model assumes that 1) the original charge is homogeneous, 2) the pressure at any time is independent of position, 3) the volume occupied by the nonequilibrium chemical reaction zone is negligible, 4) the burned gas is at full thermodynamic equilibrium, 5) the unburned gas is «frozen» at its original composition and undergoes adiabatic compression, and 6) both burned and unburned gases have constant local specific heats. In most practical engines all these assumptions are well justified. Under these conditions the mass fraction of the burned gas, X , can be calculated from the laws for conservation of mass and energy and the equation of state for the burned and unburned gases. The result is

$$(1) \quad MX = \frac{pV - p_0V_0 + (\gamma_b - 1)(W + Q) + (\gamma_b - \gamma_u)Mc_{vu}(T_u - T_0)}{(\gamma_b - 1)(h_{fu} - h_{fb}) + (\gamma_b - \gamma_u)c_{vu}T_u}$$

where M is the total mass of gas in the cylinder, p is the pressure, V is the volume, T is the temperature, W is the work done, Q is the heat loss,

c_v is the local specific heat, h_f is the corresponding specific enthalpy of formation, $\gamma = c_p/c_v$ is the specific heat ratio and the subscripts o , u , and b refer to initial conditions, unburned gas, and burned gas respectively.

Typical curves showing the measured pressure and calculated mass fraction burned as a function of crank angle are shown in fig. 4. Combu-

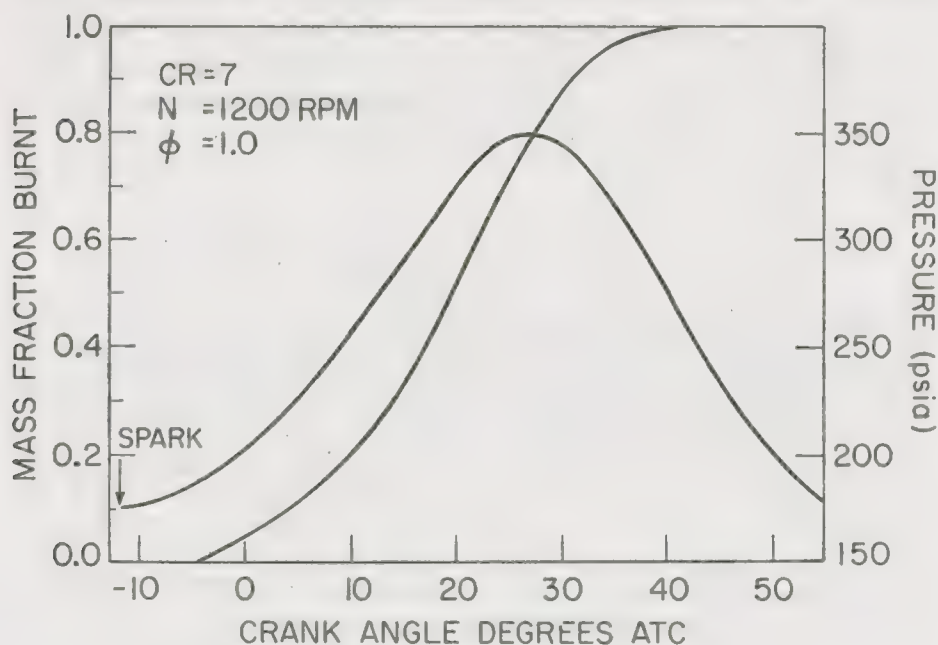


Fig. 4.

Measured pressure and corresponding calculated mass fraction of burned gas as a function of crank angle.

stion is complete and takes about 40 crank angle degrees. Note that as a consequence of the assumption of constant local specific heats, these results are independent of the temperature distribution in the burned gas.

To determine the temperature distribution in the burned gas it is necessary to make an assumption about that state of mixing in these gases. In most previous treatments of this problem [1] it has been assumed that the temperature of the burned gas was uniform corresponding to complete mixing. This gives

$$(2) \quad R_b T_b = R_u T_u + (pV - M R_u T_u)/Mx$$

where R is the gas constant. We do not believe that the assumption of complete mixing is a good one, however, because it is incompatible with

both the observations of a relatively thin turbulent flame front and substantial temperature gradients in the burned gas. A much more realistic approximation is to assume that there is no mixing at all and that each element of gas which burns is adiabatically compressed from its state just behind the flame front to its final state. Under these conditions the temperature of an element of gas is given by

$$(3) \quad T_b(X', X) = T_b(X') [p(X)/p(X')]^{(\gamma_b - 1)/\gamma_b}$$

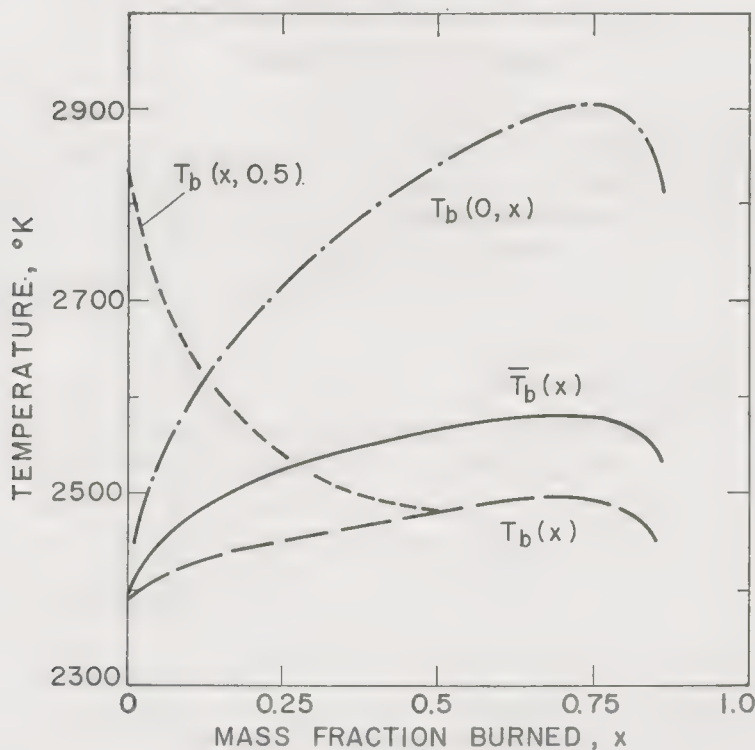


Fig. 5.

Temperature distributions in the burned gas as a function of mass fraction: $T_b(0, X)$ is the temperature of the element which burned first, $T_b(X)$ is the temperature immediately behind the reaction zone, $\bar{T}_b(X)$ is the mean temperature, and $T_b(X, .5)$ is the temperature distribution at a time when combustion is 50% complete.

where $T_b(X', X)$ is the temperature the element which burned at a pressure $p(X')$ when the pressure is $p(X)$, and

$$(4) \quad T_b(X') = [h_{fu} - h_{fb} + c_{pu} T_u(X')]/c_{pu}$$

is the temperature resulting from isenthalpic combustion of the gas at the pressure $p(X')$.

Some typical temperature distributions for the unmixed case are shown in fig. 5 as a function of mass fraction burned. It can be seen that

a substantial temperature gradient exist in the burned gas and that the peak temperature $T_b(O, X)$ of the gas that burned first is approximately 400° K higher than that $T_b(X)$ of the gas immediately behind the flame front. Due to the strong temperature dependence of chemical equilibrium constants and reaction rates, such temperature differences are very important in connection with pollutant formation and can produce order of magnitude variations in concentration levels in the burned gas.

Model of NO Formation.

NO may be formed in internal combustion engines either in the non-equilibrium reaction zone or in the hot burned gases behind the flame front. In our initial investigations, we have concentrated on formation in the burned gas and have developed a model [3] of the process which, for equivalence ratios less than 1.2, agrees well with experimental observations. For richer mixtures, the model underestimates the amount of NO produced which may be an indication that formation in the reaction zone is important in this case.

The model includes consideration of the 14 most abundant species found in an equilibrium mixture of the combustion products of air and C_8H_{18} . These are shown in table I along with an indication of their appro-

TABLE I.

Species included in model of NO formation and approximate concentrations at 2500° K.

CO ₂		CO		NO		O		N ₂ O		N	
N ₂	H ₂ O	O ₂	OH	H ₂		NO ₂	HCO				
0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8			

Log₁₀ (Mole Fraction)

ximate relative concentration at 2500° K. The thermodynamic state of the gas is determined from the model described in the preceding section and the major energy producing reactions involving the C—O—H system are taken to be in equilibrium. The process of NO formation is assumed to be controlled by the 6 reactions shown in table 2 where the exothermicities are given in kcal/mole and the exothermic rate constants [5] are given in cm³/sec. These equations may be combined to obtain 3 first order non-linear differential equations for the concentrations of N, NO, and N₂O. Although numerical integration of the full set of equations is rela-

TABLE II.

Reaction included in model of NO formation. Exothermicities and activation energies in Kcal and rate constants in cm^3/sec .

(1) $\text{N} + \text{NO} \rightleftharpoons \text{N}_2 + \text{O} + 75.0$;	$k_1 = 2 \times 10^{-11}$
(2) $\text{N} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{NO} + \text{O} + 31.8$;	$k_2 = 2 \times 10^{-11} e^{-7.1/RT}$
(3) $\text{N} + \text{OH} \rightleftharpoons \text{NO} + \text{H} + 39.4$;	$k_3 = 7 \times 10^{-11}$
(4) $\text{H} + \text{N}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{N}_2 + \text{OH} + 62.4$;	$k_4 = 5 \times 10^{-11} e^{-10.8/RT}$
(5) $\text{O} + \text{N}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{N}_2 + \text{O}_2 + 79.2$;	$k_5 = 6 \times 10^{-11} e^{-24.0/RT}$
(6) $\text{O} + \text{N}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NO} + \text{NO} + 36.4$;	$k_6 = 8 \times 10^{-11} e^{-24.0/RT}$

tively easy, investigation has shown that the characteristic relaxation times for both N and N_2O are several orders of magnitude shorter than that for NO. It is thus an excellent approximation to assume steady state values for N and N_2O and set $dN/dt = d\text{N}_2\text{O}/dt = 0$. The set may then be reduced to a single equation for the NO formation rate:

$$(5) \quad \frac{1}{V} \frac{d[\text{NO}]V}{dt} = 2(1 - \alpha^2) \left[\frac{R_1}{1 + \alpha K_1} + \frac{R_6}{1 + K_2} \right]$$

where $\alpha = [\text{NO}]/[\text{NO}]_e$ is the concentration of NO divided by its equilibrium value, $K_1 = R_1/(R_2 + R_3)$, $K_2 = R_6/(R_4 + R_5)$, and R_i is the «one way» equilibrium rate of the i^{th} reaction e.g. $R_1 = k_1[\text{NO}]_e[\text{N}]_e$. For the fully mixed case V is the total volume of the burned gas while for the unmixed case, which is the only one we shall consider, it is the specific volume of the burned gas. The term proportional to R_1 is the result of the first three reactions in table 2 and corresponds to the well known Zel'dovich mechanism of NO formation extended to include the reaction of N with OH. The term proportional to R_6 is the result of the last three reactions. It is this term which under some conditions is kinetically equivalent to the overall reaction $\text{O}_2 + \text{N}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NO}$. The direct reaction $\text{O}_2 + \text{N}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NO}$ is very slow and does not contribute significantly.

TABLE III.

Ratio of rates R_1 and R_6 appearing in equation 5 for NO formation rate.

T °K	$\phi = .8$ (lean)	1	1.2 (rich)
2500	5^{-2}	2^{-2}	3^{-3}
2300	1^{-1}	3^{-2}	4^{-3}
1800	4^{-1}	3^{-2}	6^{-4}
1500	2^0	4^{-2}	5^{-5}

In general K_1 and K_2 are of order unity or less and thus for $\alpha \geq 1$ the relative importance of the two terms is just determined by the ratio of R_1 to R_6 . This ratio is shown in table 3 and it can be seen that for all conditions of interest it is the extended Zel'dovich mechanism which controls the NO production. Under conditions where $\alpha \gg 1$ and NO

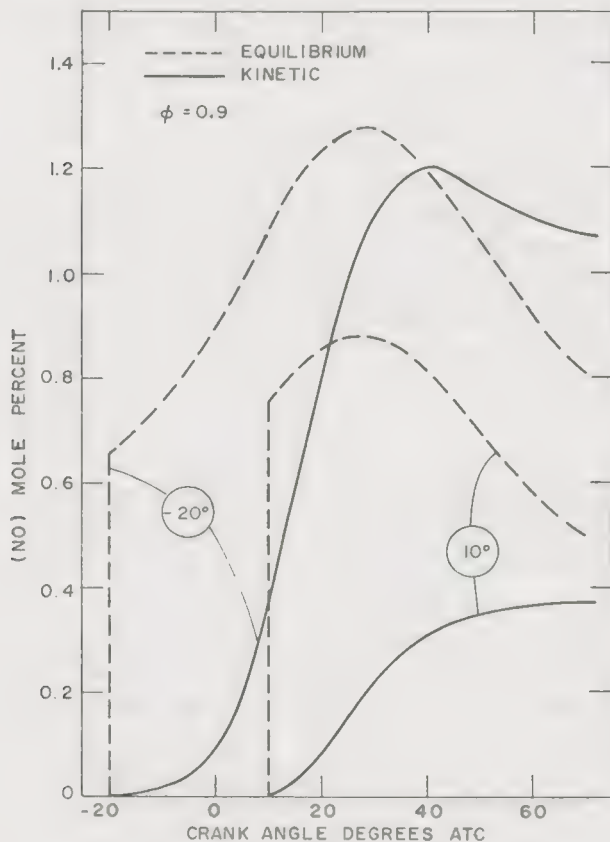


Fig. 6.

Rate controlled and equilibrium NO concentrations as a function of crank angle for elements which burn at two different times.

is being destroyed the second term may dominate the first, however, in this case all the reactions are very slow and the NO is effectively « frozen ».

If we now use our assumption that the concentrations of N_2 , O_2 , OH and O are close to equilibrium then equation [5] can easily be integrated to produce results similar to those in fig. 6. In this figure we have shown both the rate controlled and equilibrium NO concentrations as a function of crank angle for elements of gas which burned at two different times during the cycle: the first at -20° just after ignition and the

second at $+10^\circ$ when combustion was approximately 30% complete. In both cases the rate controlled solution rises from zero at a finite rate, crosses the equilibrium solution and «freezes» at levels well above the equilibrium values for exhaust temperatures. In the element of the gas which burned early the «frozen» concentrations are close to the peak equilibrium concentrations, however in the element which burned later the «frozen» levels are substantially less than the peak equilibrium

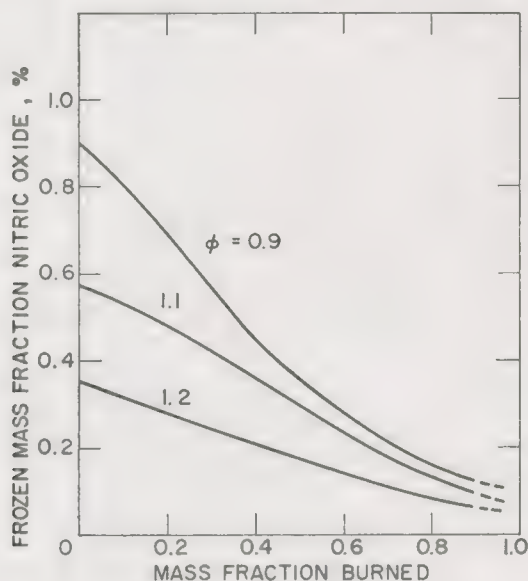


Fig. 7.

«Frozen» NO concentrations in the burned gas as a function of mass fraction at which an element burned for several equivalence ratios.

value. This is a direct result of the very much slower reaction rates associated with the lower temperature of the gas which burns later in the cycle.

Additional results illustrating the strong effect of the temperature gradient in the burned gas on NO formation are presented in fig. 7 which shows the «frozen» mass fraction of NO in an element of gas as a function of the mass fraction at which it burned for several equivalence ratios. It can be seen that the NO concentrations in the first part of the gas to burn are 5 to 10 times those in the last part.

Observations of NO Formation.

To check on the validity of the theoretical model just described, a variety of experimental studies of NO formation in internal combustion engines are being performed. In the first such experiment [3] the NO con-

centration in the cylinder of an actual engine was measured as a function of time and position. A schematic of the L-head engine employed is shown in fig. 8. The head was fitted with a number of quartz windows W which permitted observation of a relatively uniform sample of gas at various distances from the spark. Both spectroscopic and photometric measurements were made.

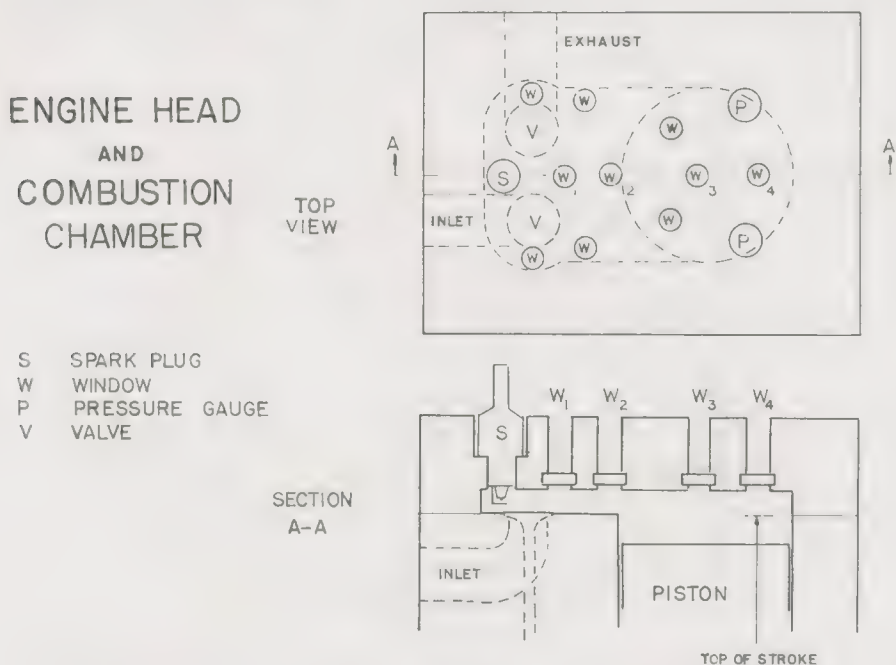


Fig. 8.

Schematic of engine head used in experiments to measure NO formation rate.

The spectral distribution of the major radiation is shown in fig. 9. In the blue it consists primarily of molecular bands of OH and a recombination continuum from the reaction $CO + O \rightarrow CO_2 + h\nu$. In the red it consists of unresolved bands of NO_2 superimposed on a continuum from the reaction $NO + O \rightarrow NO_2 + h\nu$. A few discrete lines from Na and K and weak molecular bands from CH , C_2 and H_2O were also observed.

Quantitative measurements of the radiation intensity were made using photomultipliers and narrow band interference filters. Typical oscillograms of the radiation profiles at several wavelengths are shown in fig. 10 for two cases: one in which the engine was operating on a normal fuel-air mixture and another which was identical in all respects except for the addition of 1.5% NO to the charge. Also shown are pressure traces and timing traces with markers at 5° intervals.

For the normal mixture the radiation profiles show a relatively narrow rather irregular peak, corresponding to nonequilibrium radiation from the turbulent flame front, followed by a larger broader peak corresponding to radiation from the burned gas. Note that at wavelengths of 0.61 and 0.68, where the radiation is due to NO and NO₂, the intensity

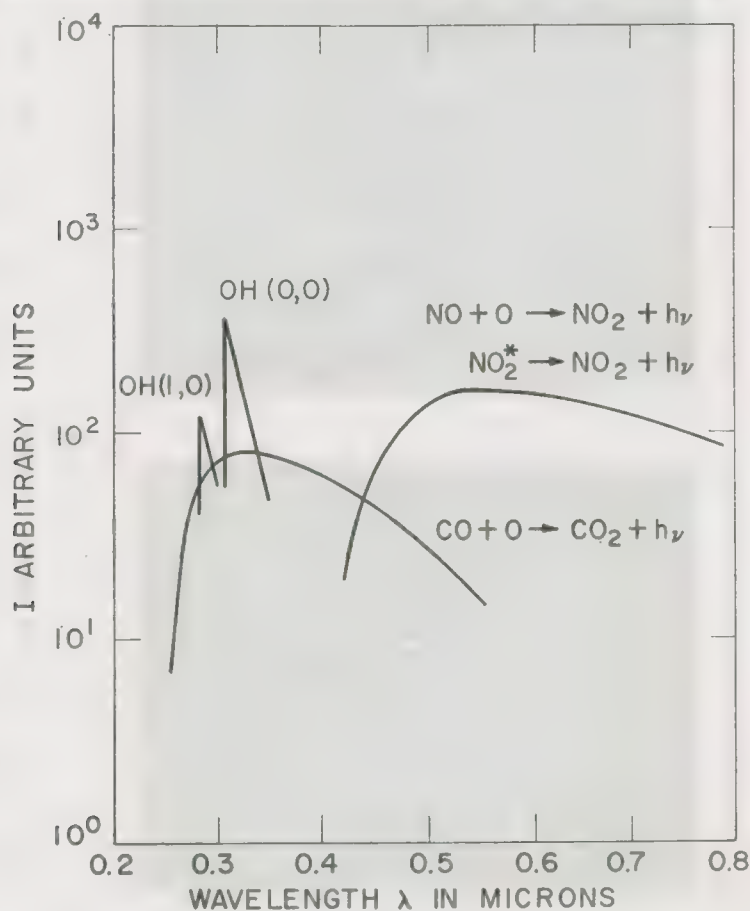


Fig. 9.

Spectral distribution of major radiation emitted by burned gas in an internal combustion engine.

immediately behind the flame front is very small indicating negligible NO formation in the flame front. By contrast when 1.5% NO is added to the charge the radiation at these wavelengths jumps abruptly to the value expected for this amount of NO at the burned gas temperature. The radiation at 0.38 microns is unaffected, however, since NO does not radiate at this wavelength and the small amount added has a negligible influence on the thermodynamic state of the burned gas. Although the

NO concentrations can be calculated from the observed radiation using known rate constants, the NO addition technique provided a direct calibration of the system and greatly increased our confidence in the results.

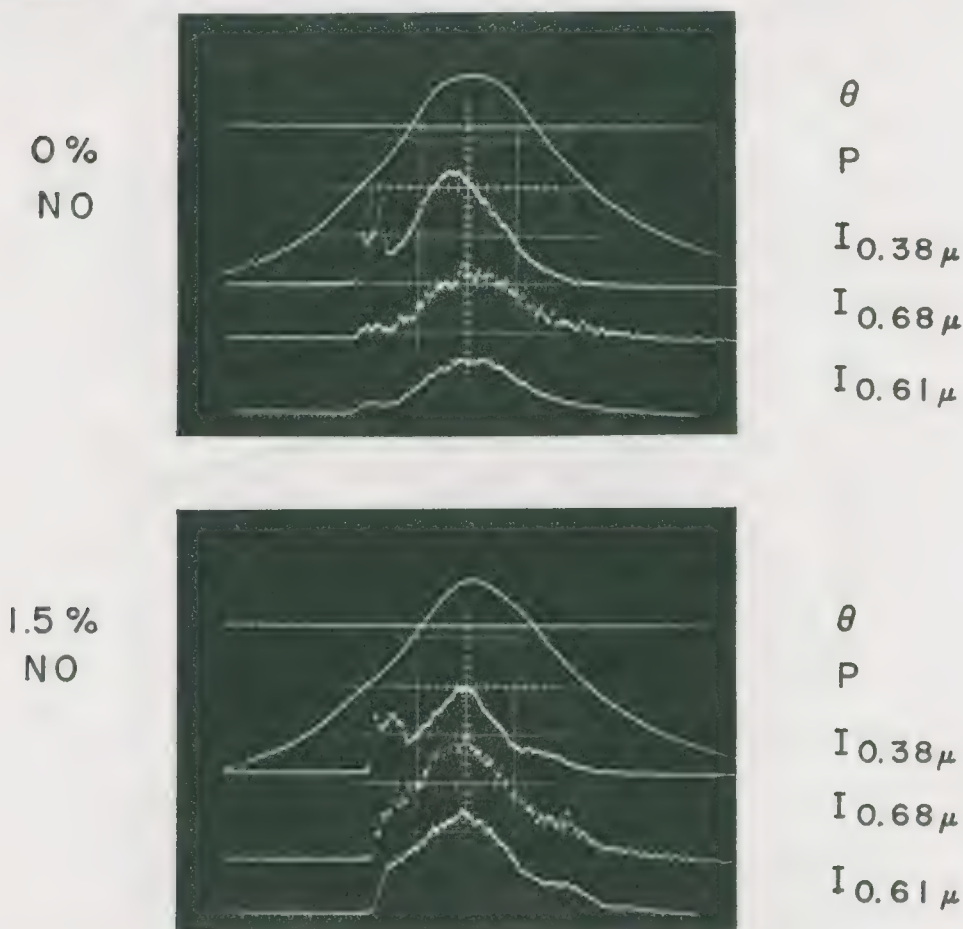


Fig. 10.

Oscillograms showing crank angle (5° markers), pressure, and radiation intensity at several wave lengths as a function of time. Upper traces correspond to a normal fuel-air mixture; lower traces to the same fuel-air mixture with 1.5% NO added.

Independent measurements of the temperature of the burned gas were obtained by analyzing the radiation from the OH bands and the CO_2 continuum [6]. These agreed with each other and with that calculated from the thermodynamic model to $\pm 100^\circ \text{K}$.

Fig. 11 shows the measured NO concentrations as a function of crank angle for two equivalence ratios [6]. The open symbols correspond

to normal fuel-air mixtures and the closed symbols to mixtures with 1.5% NO added. The stars indicate the NO levels at the flame front. In the case of the normal mixture this is the estimated level due to the residual burned gas in the cylinder. For the normal mixtures, the NO concentrations rise monotonically approaching a constant «frozen» level. For the mixtures with NO added, the concentrations first decrease since they

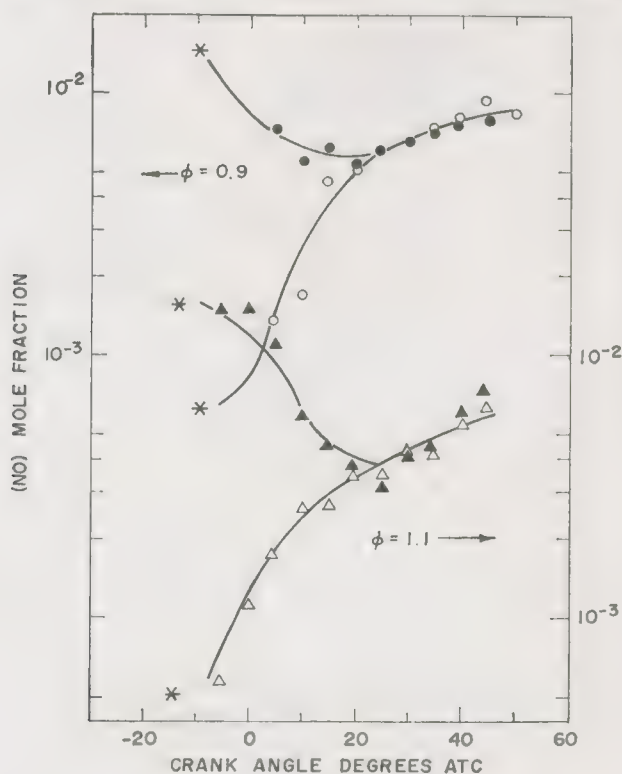


Fig. 11.

NO concentrations as a function of crank angle for two equivalence ratios with and without 1.5% added NO.

are above the equilibrium value, then go through minima and join the curves for the normal mixtures exactly as we would predict.

A comparison between theoretical and experimental results is presented in fig. 12 which shows the measured [6] and predicted NO concentrations at two distances from the spark as a function of crank angle. Unfortunately the theoretical curves were started from zero because the presence of NO in the residual gas was overlooked at the time they were computed. Even so the agreement between theory and experiment is very satisfactory. Note the higher level of NO at window W_2 , which was

closer to the spark, due to the higher temperature in the gas that burns first.

Fig. 13 shows a further comparison between theory and experiment. Here the average levels of NO in the exhaust are plotted as a function of equivalence ratio. For equivalence ratios less than 1.2 the measured [7]

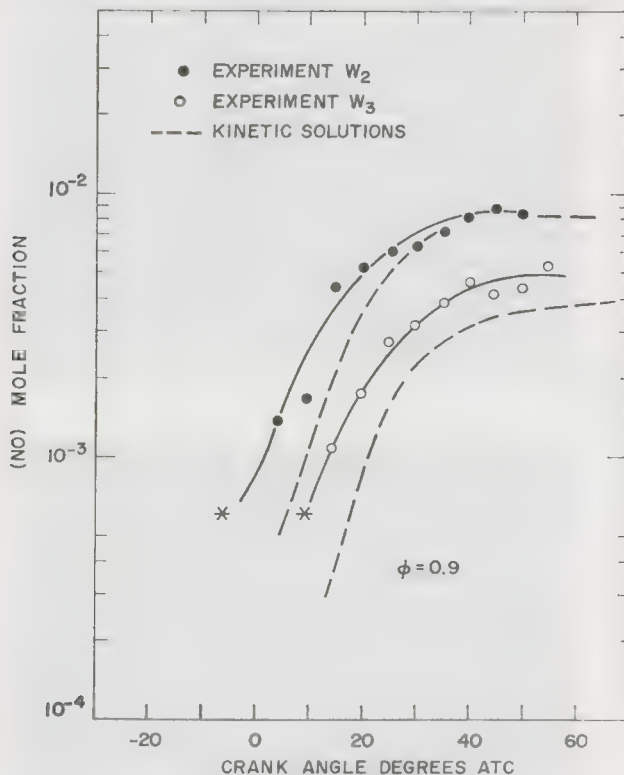


Fig. 12.

Comparison between predicted and measured NO concentrations at two distances from the spark as a function of crank angle. The theoretical curves neglect the NO initially present due to the residual gas and are therefore expected to be low at early times.

and predicted values are in good agreement. For richer mixtures, however, the theory appears to underestimate the NO concentrations somewhat. This may be the result of NO formation in the flame front or a parallel reaction not included in the kinetic scheme.

It is fairly clear from the results presented above that most of the NO production in internal combustion engines occurs in the burned gas and that the important parameters controlling the levels are the gas temperature and the equivalence ratio. Fuel composition is expected to have very little effect. Thus to reduce NO emission one must run either

rich or reduce the peak temperatures. The latter may be accomplished in a variety of ways including: lean combustion, retarded spark, lower compression ratio, central spark, and exhaust gas recirculation or water injection.

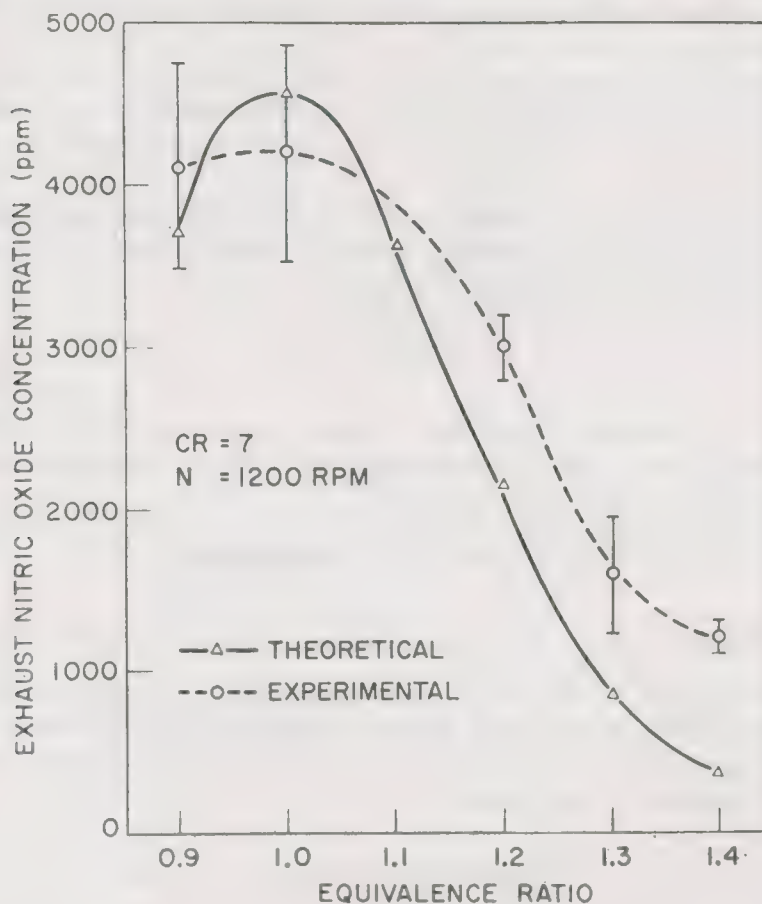


Fig. 13.

Comparison between predicted and measured average *NO* concentrations in the exhaust as a function of equivalence ratio.

Mechanism of CO «Freezing».

In our previous analysis we have assumed that the major energy producing reactions involving the C—O—H system were in thermodynamic equilibrium near peak cylinder temperatures. If this were true at exhaust temperatures then the CO levels would be completely negligible. We must therefore consider departure from equilibrium in the C—O—H

system as the temperature falls during expansion. This is a formidable problem which is extremely difficult to treat using the ordinary techniques for solving rate equations in complex systems. To deal with it we have developed a new approach which we have called the «rate-controlled partial-equilibrium method». It is based on the observation that the existence of a slow chemical reaction in a system implies a constraint on the rate at which the system can adjust to full equilibrium. Examples of such constraints are provided by nuclear reactions which proceed extremely slowly at ordinary temperatures and imply conservation of atomic species.

The first step in the method is to identify the constraints which would exist if a particular reaction or set of reactions did not proceed at all. Such constraints are usually of the form

$$(6) \quad N_i = \sum_j a_{ij} X_j$$

where X_j is the number of molecules of species j , a_{ij} is an integer greater than or equal to zero, and N_i is the constrained variable. We next consider the Gibbs free energy of the system

$$(7) \quad F(T, p) = \sum_j X_j [F_j + RT \ln (X_j/X_0)]$$

where F_j is the free energy of species j and $X_0 = \sum_j X_j$. The partial equilibrium state may now be found by minimizing $F(T, p)$ subject to the constraints N_i in the usual manner. Finally the rate at which the constraint changes is determined from the chemical reaction rates. This leads to equations of the form

$$(8) \quad \frac{d N_i}{dt} = R_i(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

which may be integrated numerically to obtain the partial equilibrium composition as a function of time.

The advantage of this method over the commonly used steady state approximation or integration of the full set of rate equations is that only the rate limiting reactions need to be specified. This reduces the number of equations to be integrated by a large factor and avoids the problem that most of the chemical reaction rates in a complex system are unknown and must therefore be guessed.

As an initial application of the method we have used it to investigate the effect of finite three-body recombination and dissociation rates.

The constraint introduced by inhibiting such reactions is of the form $M = \sum_j X_j$, where M is the total number of particles in the system. The rate equation for M is of the form

$$(9) \quad \frac{dM}{dt} = \sum_k (R_{dk} - R_{rk})$$

where R_{dk} and R_{rk} are the dissociation and recombination rates for the k^{th} reaction. Some three-body reactions important in internal combustion engines are shown in table 4. In our present analysis we have included only the first three. In this connection it should be noted that only one fast three-body reaction is needed to equilibrate the entire system, however, different reactions will dominate in different temperature ranges. At peak temperatures it will be first, at intermediate temperatures where NO is frozen it is expected to be the second, and at room temperature it will be the third.

TABLE IV.

Examples of threebody recombination and dissociation reactions of potential importance in internal combustion engines. Exothermicities and activation energies in Kcal and recombination rate constants in cm^6/sec .

$118.0 + \text{H}_2\text{O} + \text{X} \rightleftharpoons \text{OH} + \text{H} + \text{X}$	:	3×10^{-31}
$71.9 + \text{NO}_2 + \text{X} \rightleftharpoons \text{NO} + \text{O} + \text{X}$	:	6×10^{-32}
$25.8 + \text{NO}_2 + \text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{NO} + \text{NO} + \text{O}_2$	:	1×10^{-38}
$38.6 + {}^1\text{N}_2\text{O} + \text{X} \rightleftharpoons {}^1\text{N}_2 + {}^3\text{O} + \text{X}$	:	
$125.8 + {}^1\text{CO}_2 + \text{X} \rightleftharpoons {}^1\text{CO} + {}^3\text{O} + \text{X}$	:	1×10^{-34}
$21.4 + \text{HCO} + \text{X} \rightleftharpoons \text{CO} + \text{H} + \text{X}$	:	

Some typical results for a stoichiometrically correct high temperature cycle are presented in fig. 14 as a function of crank angle and equilibrium temperature. The upper part of the figure shows the mole fraction of CO, NO, O and N. The subscripts e and M denote the equilibrium and three-body rate controlled solution respectively. On the scale of the figure the difference between the two solutions is indistinguishable. The central part of the figure shows the difference between the rate controlled and equilibrium CO mole fractions and it can be seen that this is very small. Finally the lower part of the figure shows the difference between the rate controlled and equilibrium temperatures which is also very small. These results support our previous assumption that the burned gas is close to thermodynamic equilibrium at peak temperatures.

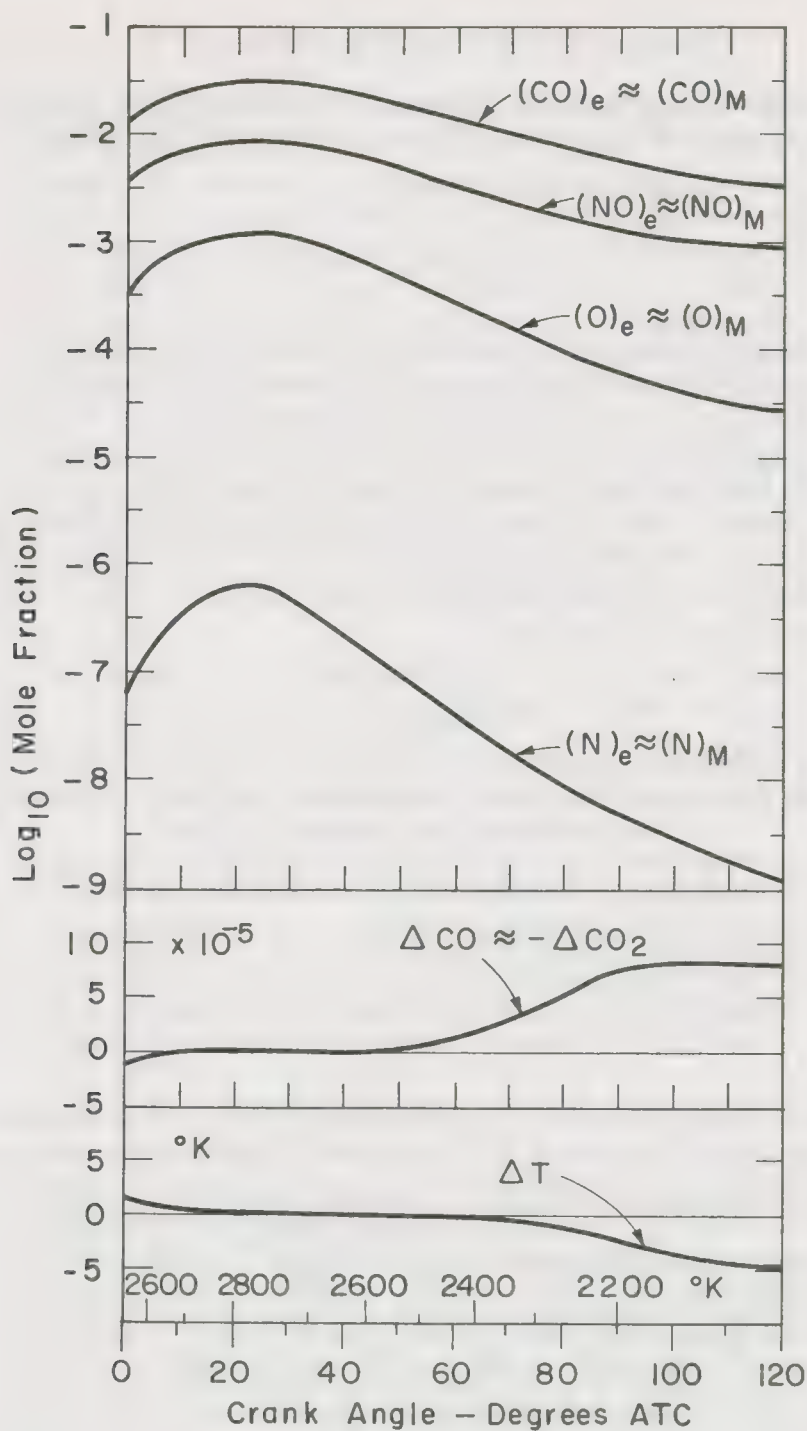


Fig. 14.

Comparison of rate controlled (subscript M) and equilibrium (subscript e) concentration and temperatures as a function of crank angle and equilibrium temperature for a cycle with a peak temperature of 2800 $^{\circ}\text{K}$.

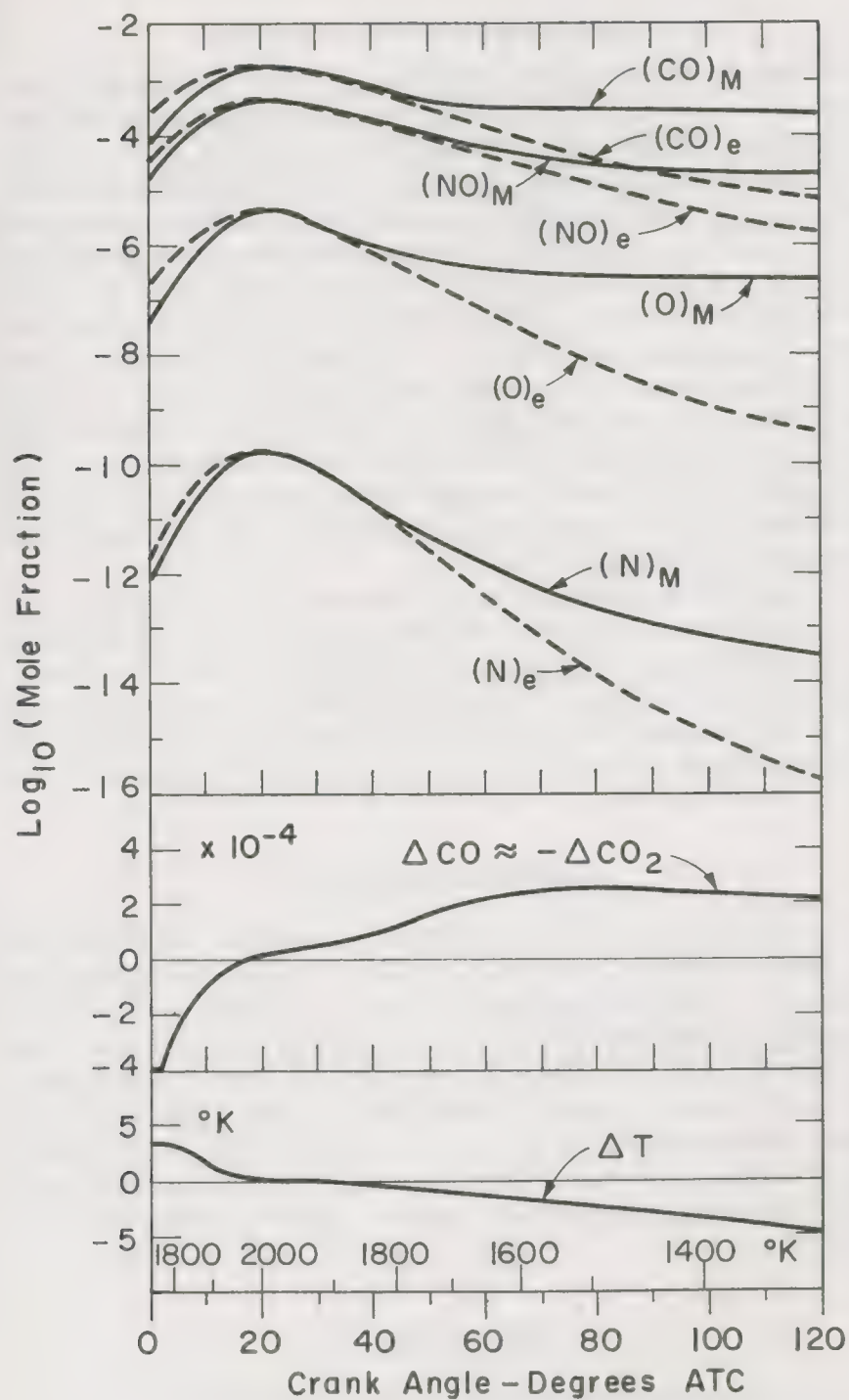


Fig. 15.

Comparison similar to that of figure 14 for a cycle with a peak temperature of 2000 $^{\circ}\text{K}$.

By way of contrast similar results for a very low temperature cycle are shown in fig. 15. In this case significant differences between the rate controlled and equilibrium solutions occur for all species. At early times the rate controlled concentrations lag behind the equilibrium concentrations because of the finite dissociation rates. Full equilibrium is achieved near the peak temperature and maintained for a short time as the temperature falls to approximately 1800° K where «sudden freezing» of the threebody reactions occurs. Beyond this point changes in the rate controlled concentrations particularly of CO and NO become negligible. Note that the «frozen» CO mole fraction of approximately 0.1% is very close to the values actually observed in the exhaust of well adjusted internal combustion engines. Also note that the «freezing» of NO in this case is associated with finite threebody recombination rates and not with the reactions in table 2 which were tacitly assumed to be in equilibrium in the partial equilibrium solution.

The partial equilibrium method is currently being extended to include simultaneous consideration of finite rates for both NO producing and recombination-dissociation reactions. It is hoped that this extension will permit us to develop a model for predicting CO as well as NO emissions. It is also hoped that it may help to explain why our current model of NO production underestimates the concentrations in rich mixtures.

Concluding Remarks.

On the basis of the work we have performed to date, we believe that it should be possible to understand a great deal about the fundamental mechanism of pollutant formation in internal combustion engines and to develop quantitative models of the important processes which will be of practical value in designing low pollution engines and assessing their relative merits. I have no doubt that reduction of pollution from internal combustion engines to acceptable levels is technically feasible using a variety of methods. The problem is to find the best combination and to convince government and industry that it is worth the effort and cost.

REFERENCES

- [1] W. A. DANIEL and J. T. WENTWORTH, Paper 486 B presented at S. A. E. National Automobile Week, March 1962.
- [2] R. J. TABACZYNSKI, D. P. HOULT, and J. C. KECK, *Fluid Mech.*, 42, 249 (1970).

- [3] G. A. LAVOIE, J. B. HEYWOOD, and J. C. KECK, *Combustion Science and Technology*, 1, 313 (1970).
 - [4] H. K. NEWHALL and E. S. STARKMAN, Paper 670122 presented at S. A. E. Automotive Engineering Congress 1967; P. EYZAT and J. C. GUIBET, Paper 680124 presented at S. A. E. Automotive Engineering Congress 1968.
 - [5] K. SCHOFIELD, *Planet. Space Sci.*, 15, 643 (1967); I. M. CAMPBELL and B. A. THRUSH, *Trans. Faraday Soc.*, 64, 1265 (1968).
 - [6] G. LAVOIE, *Combustion and Flame*, 15, 97 (1970).
 - [7] J. B. Heywood, S. M. MATHEWS, and B. OWEN, Paper 710011 presented at S. A. E. Automotive Engineering Congress, January 1971.
-



Aerodynamics of plumes.

Abstract. — *A review of recent studies concerning the aerodynamics of plumes is given. Among the topics discussed are the trajectories of plumes and the interaction of plumes with the aerodynamic wake of chimneys. It is shown that there is good agreement between theory, laboratory experiments, and field observations. The results show how large concentrated sources of pollution may be simulated in small scale models.*

I. — Introduction.

I believe that chimneys were first developed in Italy between 1200-1300 A.D. for the purpose of increasing the draft to a wood or coal fire. However, the modern use of high chimneys is to disperse pollutants, rather than to generate a draft. This practice (of building *very high* chimneys to disperse pollutants) is rather recent. This paper deals with this recent application of the ancient device.

With the change in application there is generated the need for new aerodynamic studies of how chimneys disperse pollutants. This effort, concentrating on the external flow of the plume after it leaves the chimney, should be contrasted with the centuries old efforts to modify the internal flow in the chimney so as to improve the draft generated. If, then, the purpose of the chimney is to disperse pollutants, it seems that the higher the chimney is, the larger the area over which the pollutants will be dispersed. It then follows that as the requirements for low ground level concentrations of pollutants become more severe, the required height of the chimneys will increase, assuming that the pollutant source strength from a given plant is fixed.

A major source of pollution in the U.S. is SO_2 from coal and oil burning electrical power plants. The effect of the changing requirements for lower ground level concentrations has produced, over the last twenty years, a steadily increasing height of chimneys. Presently, there are many U.S. power plants with stack heights greater than 600' (≈ 200 m). The cost of such high chimneys runs about \$ 1,000/ft. This cost is at least five times cheaper than other proposed methods of removing SO_2 from the

exhaust gases of the electric power plant, and so the high chimney would appear to be an ideal device to control pollution from large sources of SO_2 .

However, our studies ⁽¹⁾ have shown that the SO_2 reacts so slowly in the urban atmosphere that the SO_2 from chimneys in cities is essentially mixed until it reaches the background level of SO_2 in the city. This suggests that chimneys are really useful only in areas where there are a few sources of pollution; where the additions to the background level of pollutants, caused by emissions from the chimney, are not important.

Cooling towers present a different application for plume aerodynamics. The environmental problems which lead to the use of cooling towers are first, the very large size of nuclear power plants, and second, the limited cooling capacity of the rivers and lakes used to traditionally cool such power plants. In fact, most rivers in the northeastern U.S. are too small to cool the proposed nuclear plants. The first, cheapest, alternative to river water cooling is to site the plant on the ocean, and cool with sea water. Due to the scarcity of suitable sea side sites, this approach meets with difficulty. The next cheapest alternative is to build a large natural (or forced draft) cooling tower. These devices cool mainly by evaporation, with only 10% of the heat going into raising the temperature of the ejected air-water vapor mixture.

However, cooling towers generate cause for concern when located in cold climates, because the water vapor in the plume may condense and generate an unwanted precipitation of rain, ice or snow, which is very large for very large power plants.

In discussing the engineering problems which naturally arise from the increases in size of power plants, the problems of plume aerodynamics naturally arise. In this paper, two main topics of plumes are discussed. First, the trajectories of plumes, based upon theory, laboratory experiments and field data, is developed. Second, the way in which plumes interact with the wakes of chimneys or cooling towers is discussed.

II. - The Theory for Trajectories of Plumes and Their Interactions.

Fig. 1 shows a picture of a typical chimney, one might see such a device while driving by a large industrial plant when there was a light wind and a neutrally stable atmosphere. But this particular picture is that of a model chimney-about 1/10 cm in diameter and 2 cm long. (I will later explain how the photo was taken). We have found the plume this model generates, is geometrically similar to those plumes produced by chimneys 600 ft. (200 m) high.

⁽¹⁾ G. TSANG, « Atmospheric Environment », 4, 545, 1970.

We use these small scale experiments to simulate the full scale situations and to verify aerodynamic theories of chimney plumes. In addition, we have studied virtually all of the field observations of plumes presently available. These studies have lead to a simple theoretical model for the prediction of aerodynamics of chimney plumes.



Fig. 1.

Photograph of a typical plume.

Let us begin by defining the relevant length scales for plumes. Let V be the crosswind velocity, b_i is the stack exit radius, U_i is the exit velocity, and ΔT is the temperature difference between the hot stack gases and the ambient temperature at stack height, T . For a plume ejected into the crosswind with zero temperature difference (i.e. a jet), $\mathcal{L}_m$, the *momentum length scale*, is the distance downwind at which the plume is deflected by about 45° due to the crosswind.

$$(1) \quad \mathcal{L}_m = \frac{b_i U_i}{V}.$$

For a plume ejected into the crosswind with zero momentum (pure buoyancy source), $\mathcal{L}_b$, the *buoyancy length scale* is the distance downwind at which the plume is deflected by about 45° by the crosswind.

$$(2) \quad \mathcal{L}_b = \frac{g U_i b_i \Delta T / T}{V^3}.$$

The geometry used for these definitions is shown in fig. 2.

Now the basic hypothesis necessary to understand the trajectories of plumes amounts to an estimate of the rate at which external air is entrained into the plume. To make this estimate, we assume, for simplicity, that the plume is circular in cross section, with a diameter $2b$. The fluid inside the plume has a uniform velocity U , and density ρ . Thus, the mass flux in the plume is

$$\rho\pi b^2 U.$$

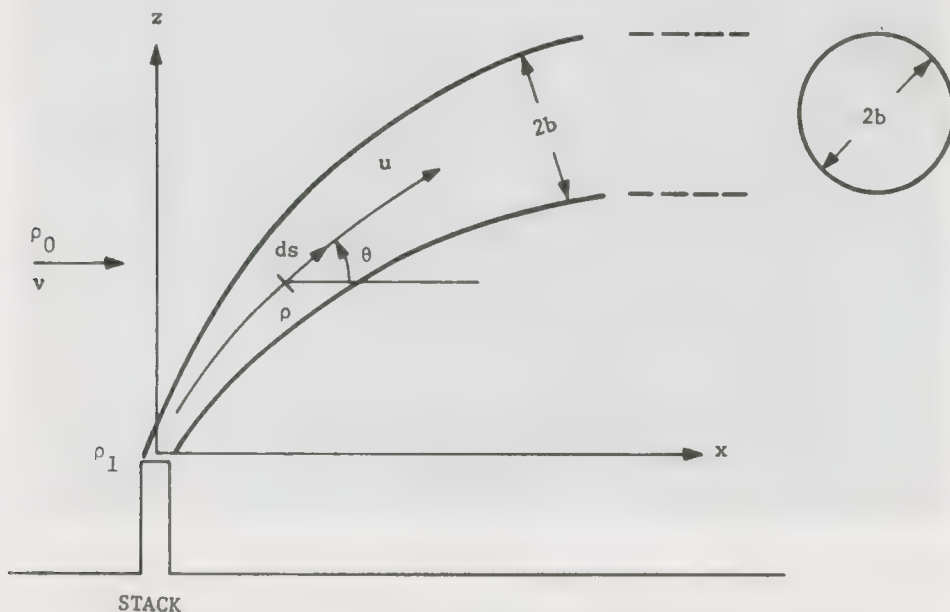


Fig. 2.

Coordinate system for plume in a cross flow.

The mass flux into the plume is supposed proportional to (a) the area exposed to the crosswind and (b) the velocity difference between that inside the plume and the crosswind. As the crosswind is at an angle θ to U , we suppose that the rate of mass addition is proportional to a weighted sum of the tangential and normal components of the crosswind. Thus,

$$(3) \quad \frac{d}{ds} (\pi b^2 \rho U) = 2\pi b \rho_0 \{ \alpha |U - V \cos \theta| + \beta V |\sin \theta| \}.$$

In Eq. (3) α and β are the weights given to the tangential and normal components of the crosswind velocity.

To this continuity equation one must add momentum equations for the conservation of tangential and normal components of momentum, and an energy equation, which turns out to describe the conservation

of buoyancy. In addition, it is assumed that the density difference between the plume and the ambient atmosphere, $\rho - \rho_0$ is always so small that only first order differences in density need be retained. These equations are

$$(4) \quad \frac{d}{ds} (\pi U b^2) = 2\pi b \alpha |U - V \cos \theta| + 2\pi b \beta |V \sin \theta|$$

$$(5) \quad \frac{d}{ds} (U^2 \pi b^2) = V \cos \theta \frac{d}{ds} (U \pi b^2) + \pi b^2 g \frac{\rho_0 - \rho}{\rho_1} \sin \theta$$

$$(6) \quad U^2 b^2 \frac{d}{ds} = -V \sin \theta \frac{d}{ds} (U \pi b^2) + b^2 g \left(\frac{\rho_0 - \rho}{\rho_1} \right) \cos \theta$$

$$(7) \quad \frac{d}{ds} \left(\pi U b^2 g \left(\frac{\rho_0 - \rho}{\rho} \right) \right) = U \pi b^2 \frac{g}{\rho_1} \left(\frac{d\rho_0}{dz} \right) \sin \theta.$$

In these equations ρ_1 is a reference density, that of the ambient air at stack height, and ρ , ρ_0 are, in an atmospheric problem the potential density of the plume and atmosphere. For the detailed discussion of these equations the reader is referred to (2).

In a neutrally stable atmosphere the plume rise depends on two non-dimensional parameters, the speed ratio

$$(8) \quad R = \frac{U_i}{V}$$

and the densiometric Froude number

$$(9) \quad Fr = \frac{U_i}{\sqrt{g \Delta b i \left(\frac{\Delta T}{T} \right)}}.$$

The plume trajectory is well approximated by three formulae (a) Near the orifice

$$(10) \quad z = \left(\frac{R}{\alpha R + \beta} \right)^{1/2} (\xi_m x)^{1/2}; \quad \frac{x}{\xi_m} < 1.$$

(b) Far downstream

$$(11) \quad z = \left(\frac{3}{2\beta^2} \right)^{1/3} \xi_b^{1/3} x^{2/3}; \quad \frac{x}{\xi_b} \gg 1.$$

(2) D. P. HOULT, J. A. FAY, and L. J. FORNEY, « J. Air Pollut. Control Assoc. », 19, 585, 1969.

(c) Far downstream, zero buoyancy

$$(12) \quad z = \left(\frac{3}{\beta_2} \right)^{1/3} (\mathcal{L}_m)^{2/3} x^{1/3}; \quad \frac{x}{\mathcal{L}_m} \gg 1.$$

Of course, the rise and distance downstream depends on s and θ as

$$(13) \quad z = \int_0^s \sin \theta \, ds, \quad x = \int_0^s \cos \theta \, ds.$$

Fig. 3 shows the composite trajectories and how they apply.

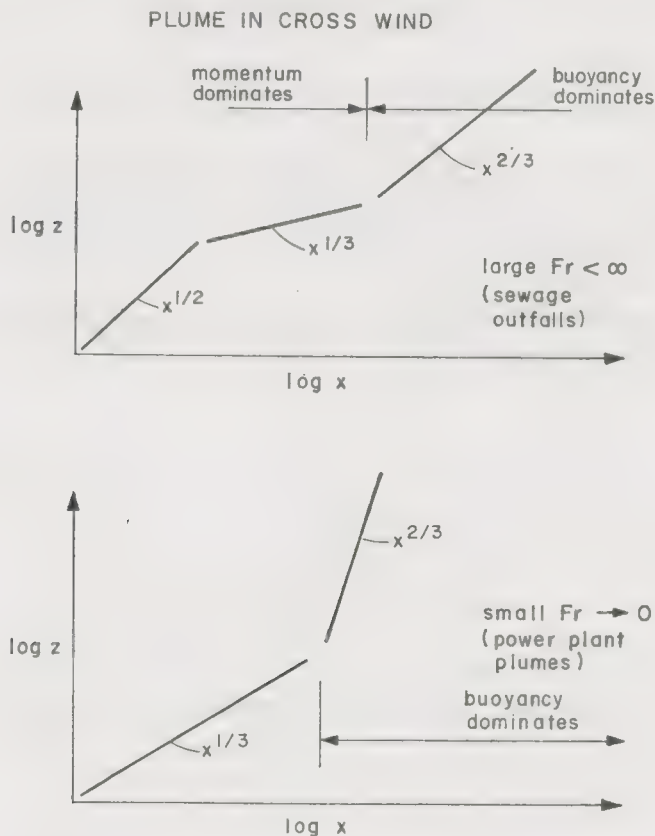


Fig. 3.

Sketch of the various regions of plume rise

In a stable atmosphere, we may estimate the point of leveling, z_∞ , off by asking for the altitude at which the buoyancy flux,

$$F_b = g U_t \left(\frac{\Delta T}{T} \right) b_t$$

goes to zero. From eq. (7) we find

$$\pi F_t = \int_0^{z_\infty} U \pi b^2 \left(-g \frac{d\rho_0}{dz} \right) \sin \theta \, ds.$$

But since

$$\sin \theta \, ds = dz$$

and after the plume is bent over, $U \approx V$, and $b \approx \beta z$, this equation yields

$$(14) \quad z_\infty = 1.53 \beta^{-2/3} \zeta_b^{1/3} V^{2/3} \left(\frac{-g}{\rho_1} \frac{d\rho_0}{dz} \right)^{1/3}$$

for $\left(\frac{d\rho_0}{dz} = \text{const.} \right)$. The factor 1.53 comes from a numerical integration of the equations of motion. We shall refer to eq. 14 in the form $z_\infty = 1.53 \zeta_b S^{2/3} \beta^{-2/3}$, where S is defined by eq. (14), and is the ratio of the Brunt Viasalla frequency to the crosswind velocity divided by ζ_b . (The Brunt Viasalla frequency is $\left(\frac{-g}{\rho_1} \frac{d\rho_0}{dz} \right)^{1/2}$). The numerical calculation is discussed in reference (3).

Consider now a plume rising so slowly that it fails to clear the wake of the chimney or cooling tower. For a chimney with $Fr > 1$, the rise in the near field is given by (10). However, the wake grows as

$$\frac{z}{2b} \propto \left(C_D \frac{x}{2b} \right)^{1/2}.$$

(C_D is the drag coefficient of the chimney). We may thus argue that when the wake is higher than the centerline of the plume, there will be an interaction with the chimney. Combining eq. (10) with the wake size law we find

$$\left(\frac{C_D x}{2b} \right)^{1/2} > \left(\frac{R}{\alpha R + \beta} \right)^{1/2} \left(\frac{\zeta_m x}{2b} \right)^{1/2}$$

which may be simplified to

$$(15) \quad R < R_{\text{crit}} = 1.25$$

where the value of the critical speed ratio has been determined by examining field data (4).

(3) J. A. FAY, M. P. ESCUDIER, and D. P. HOULT, « J. Air Pollut. Control Assoc. », 20, 391, 1970.

(4) T. OVERCAMP, and D. P. HOULT, *Precipitation in the Wake of Cooling Towers*. To be published in « Atmospheric Environment », 1971.

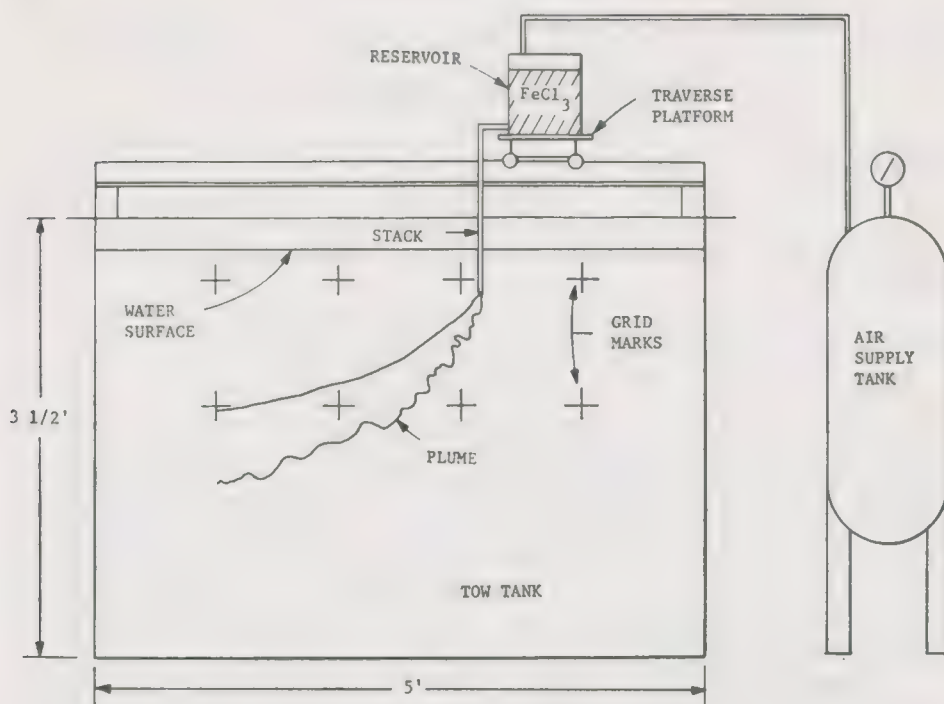


Fig. 4.
Experimental apparatus.

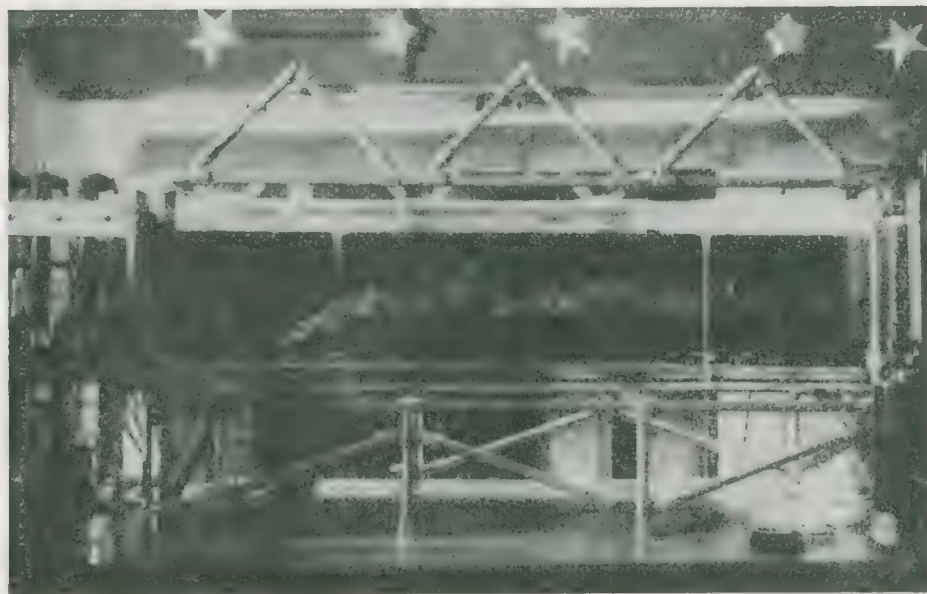


Fig. 5.
A Stratified Flow Wind Tunnel.

For a cooling tower, the situation is changed because $R \gg 1$ and $Fr \gg 1$. Under these circumstances, near the tower, eq. (11) applies. If we then argue that the plume must interact with the wake within one tower diameter (otherwise, the plume will separate from the wake because the plume rises as $x^{2/3}$, faster than the wake), then

$$2b \left(C_D \frac{x}{2b} \right)^{1/2} > \xi_b \left(\frac{3}{2\beta^2} \right)^{1/3} \left(\frac{x}{\xi_b} \right)^{2/3}, \quad x = 2b$$

is the requirement for an interaction to occur. This equation may be simplified to

$$(16) \quad R < R_{\text{crit}} = 0.53(\beta Fr)^{2/3}$$

where the number, 0.53, is determined from experimental data ⁽⁵⁾.

III. - Experimental Methods and Results.

A variety of experimental methods are required to determine the trajectory of a plume. Near the orifice, traditional aerodynamic measurements, using hot wires and pilot tubes may be used to determine the velocity distribution in the plume. However, for distances greater than about ten orifice diameters downstream, the plume velocity is so close to the free stream velocity that other methods must be used. Two methods are available. The first is to dye or use smoke to mark the plume, and then determine its position by photography. The second is to use a thermocouple to measure the temperature distribution in the plume.

Fig. 4 shows a typical small tow tank used to simulate dyed plumes in water. In this simple apparatus, a heavy dyed salt solution falling in water is used to simulate the hot gases rising in a neutral atmosphere. Fig. 1 was taken using this apparatus.

Fig. 5 shows a stratified flow wind tunnel, in which the plume is located by using thermocouples. This device is 1 foot high, 1 foot wide and 5 feet long. The velocity ranges from 1/10 to 1 ft./sec. To determine the crosswind velocity, the shedding frequency behind a 1/4 inch diameter cylinder is measured. The stratification and crosswind velocity of this device are scaled to reproduce R and Fr for full scale chimneys.

For field observations, the following methods are used. The wind velocity near the chimney is normally determined by tracking a balloon

⁽⁵⁾ Figures 6, 7, and 8 are from D. P. HOULT and J. C. WEIL, *Turbulent Plume in a Laminar Cross Flow*, 1970, in *Fluid Mechanics Laboratory*, Pub. 70-8, Department of Mechanical Engineering, Mass. Institute of Technology, Cambridge, Mass.

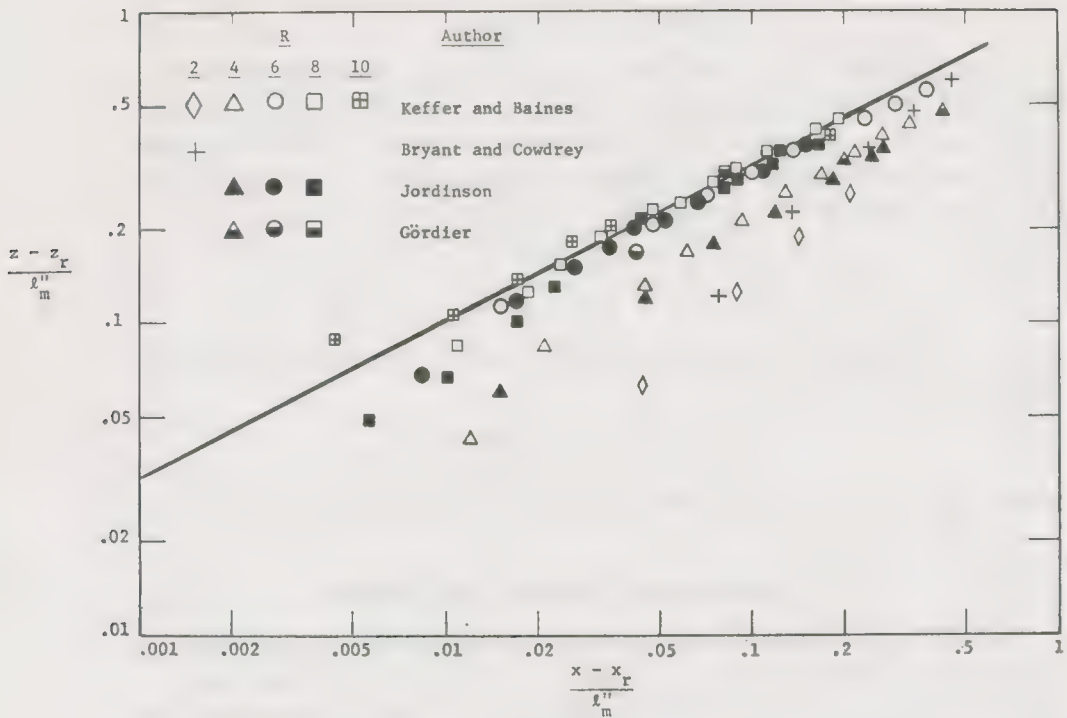


Fig. 6.

Plume observations compared with the parabolic trajectory, equation (25) for $\alpha = .11$ and $\beta = .6$; plume coordinates are measured from effective origin (x_r, z_r) . l_m'' is equal to $\frac{l_m R}{aR + \beta}$. The points below the line are those for which there is an interaction between the plume and the stack.

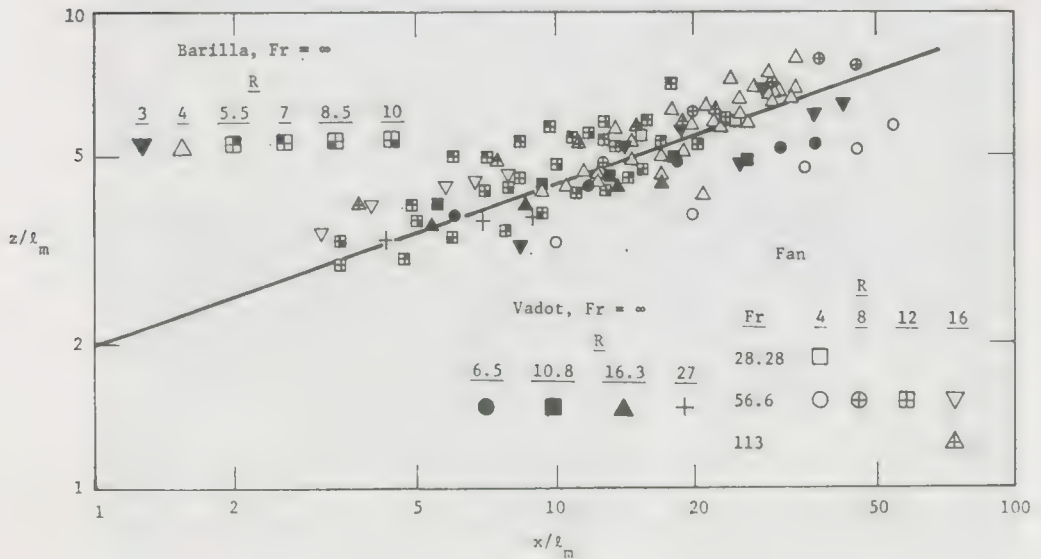


Fig. 7.

Observed plume trajectories in the momentum dominated region for $\beta = .6$.

as it rises, at a known rate, through the altitude range of interest. Atmospheric stratification (gradient in potential temperature) is determined by measuring temperature on board a helicopter as it traverses the desired altitude range. The plume is located by photographing the hot

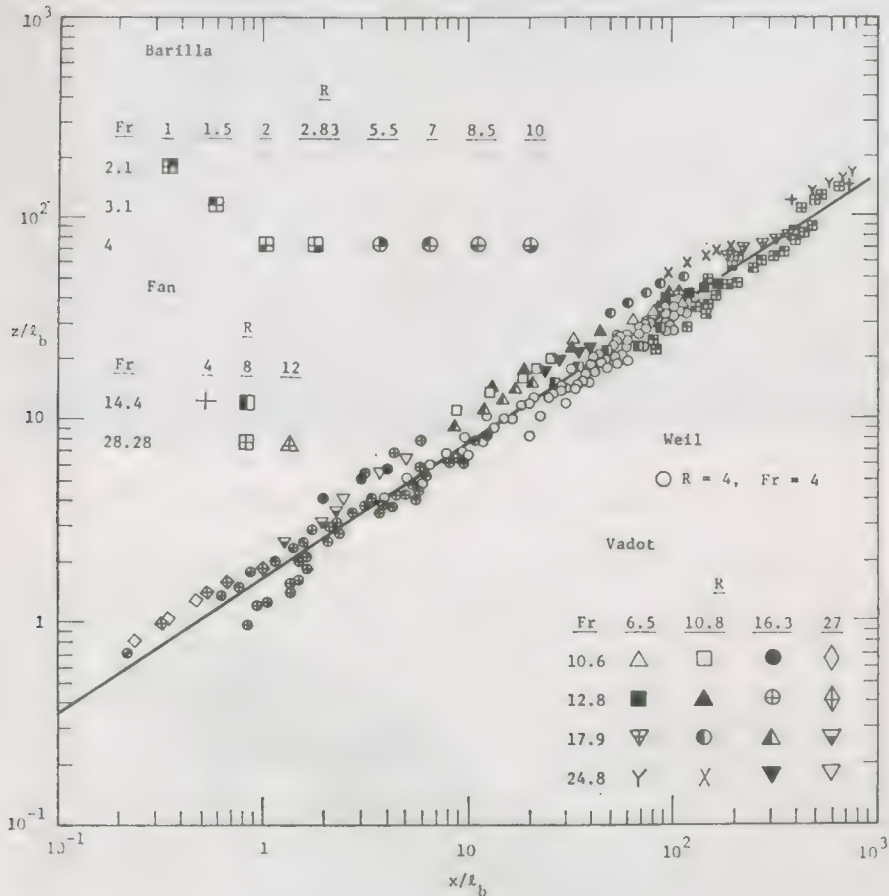


Fig. 8.

The buoyancy dominated regime.

dust contained in the plume with infrared. The plume is then located by triangulation using coordinates taken from photographs. Typical accuracies for plume rises with these methods are 15% of the distance above ground level.

Fig. 6 shows a comparison of the theory with laboratory data near the orifice. The parameters have a value of $\alpha = 11$, $\beta = .60$.

Fig. 7 shows the momentum dominated region as compared with theory.

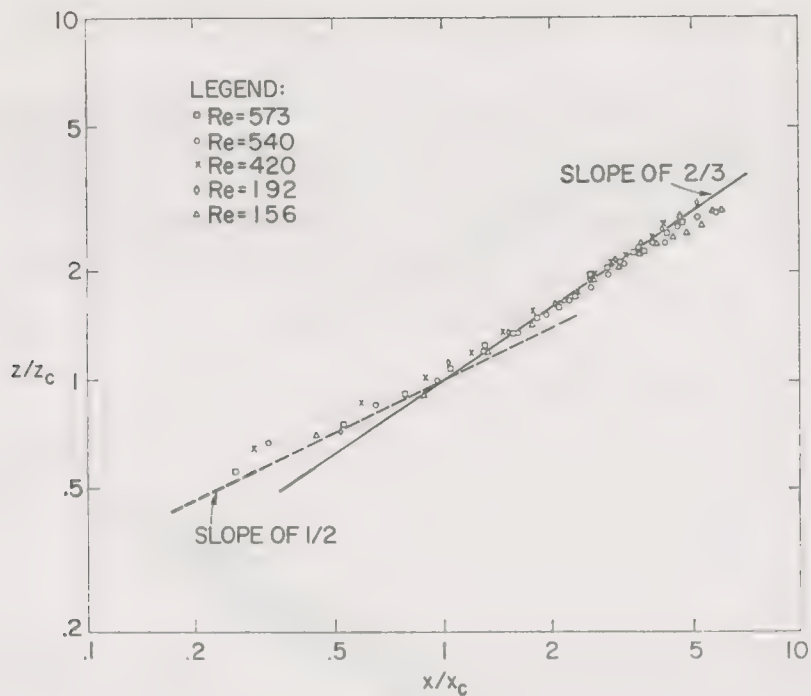


Fig. 9.

The transition between momentum dominated region to the buoyancy dominated region.

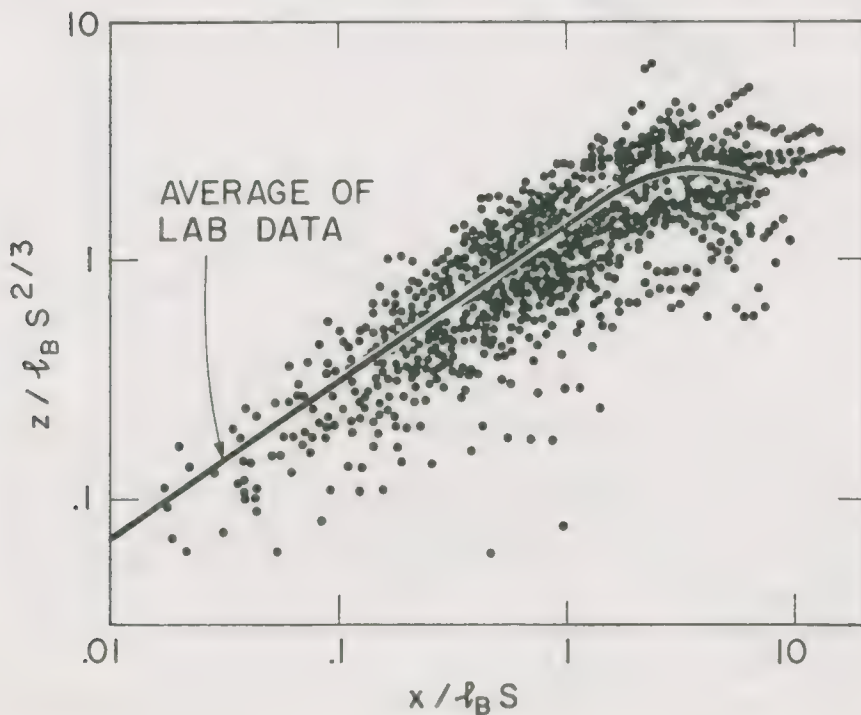


Fig. 10.

Comparison between Laboratory and Field Data.



Fig. 11.
Non-Interacting Plume, $Fr = 1.0$ and $R = 0.7$.



Fig. 12.
Strongly Interacting Plume, $Fr = 1.0$ and $R = 0.4$.

Fig. 8 shows the agreement between theory and experiment in the buoyancy dominated regime.

Fig. 9 shows a comparison between the predicted transition from an $x^{1/2}$ rise near the orifice to an $x^{2/3}$ rise far downstream.

Fig. 10 shows a comparison of all available field data with the laboratory results in the buoyancy dominated rising region, and in the region where the plume levels off.

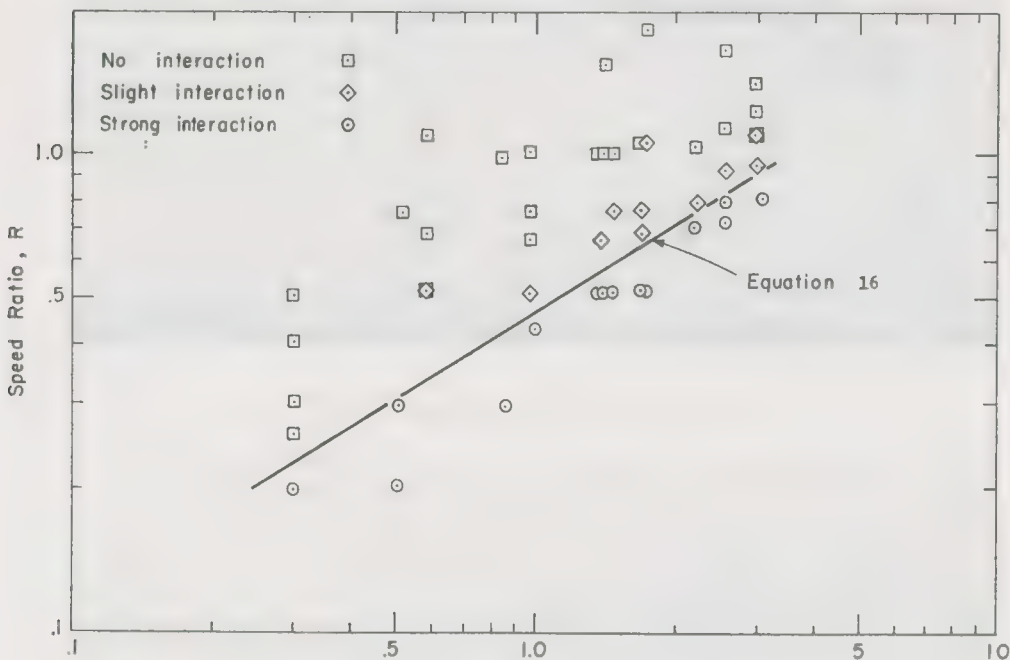


Fig. 13.

Froude Number, Fr , Plume Interaction Data.

From these results one may conclude that the theory, laboratory experiments and field observations are in quite satisfactory agreement.

Turning now to the question of interactions with wakes of chimneys and cooling towers, fig. 11 shows a cooling tower where the plume does not interact with the wake, and fig. 12 shows where the plume does interact with the tower wake.

(6) Figures 9 and 10 are from T. A. HEWITT, *Model Experiments of Smokestack Plumes in a Stable Atmosphere*, 1970, PH. D. «Thesis», Department of Mechanical Engineering, Mass. Institute of Technology, Cambridge, Mass.

Fig. 13 is a composite of all interaction data. The solid line is eq. (16). For chimneys, a critical value of $R = 1.25$ ⁽⁷⁾ has been found. These results confirm the simple plume interaction model presented in the preceding section.

ACKNOWLEDGEMENTS

I wish to thank the Academy of Sciences at Turin for the opportunity to present this paper on 11 September, 1970. In addition, I wish to especially thank Professor Carlo Ferrari for his hospitality during my visit to Turin. Finally, I wish to state that this research is a joint effort, carried out with Professor James A. Fay whose help I gratefully appreciate.

⁽⁷⁾ Figures 11, 12, 13 are from ref. ⁽⁴⁾.



Desalination and water purification: some needs and problems (*).

Abstract. — *Data is given which indicates that in industrialized countries it will shortly be necessary to develop new supplies of fresh water by desalination and to recycle presently available supplies. To do this without an impairment in living standard will require about an order of magnitude reduction in present desalination and water purification costs. Freezing and electrodialysis systems are examined. For each system it is shown how dynamic studies can be applied to solving a critical and economically limiting technical problem of hydrodynamic origin. The results obtained suggest that the proper application of fluid mechanics research can help significantly to reduce the cost of purified and desalted water.*

Introduction.

« Italian Expert Denies Wastes Drift to French Riviera » reads the headline of a lead article in the New York Times of July 26, 1970. Such a news item points up most clearly the water crisis now facing many industrialized nations. Were the unpolluted supply of fresh water and water for recreation as plentiful as in the past, there would be little need for nations to determine either those responsible for water pollution or the rights of usage to a given water supply. The increasing use of water is the result both of a rapidly increasing population, as well as an increase in per capita consumption that goes with industrialization and a rising living standard. Although it has often been stated that the need for fresh water is greatest in the underdeveloped arid regions of the world, it is my opinion that the greatest need will be felt first in the highly industrialized countries. From those facts now available it would seem that were a water crisis to materialize in an industrialized nation, it is more than likely that it would strike first in Italy.

(*) The research reported on has been supported by the Office of Saline Water, U.S. Department of the Interior.

TABLE I.
*Available fresh water supply (m^3/day).
 U.S.A.*

	$\times 10^9$	per capita	
		1965	1980
Rainfall	16.8	86	67
Runoff	4.8	25	19
Recoverable	2.4	12	9.6
<i>Italy</i>			
Rainfall		8.5	

TABLE II.
Fresh water withdrawals, U.S.A. (m^3/day).

	1965		1980	
	$\times 10^6$	per capita	$\times 10^6$	per capita
Agriculture	453	2.3	550	2.2
Industrial	236	1.2	371	1.5
Domestic	52	0.3	72	0.3
Power	252	1.3	538	2.1
Total	993	5.1	1,531	6.1

In Table I is presented averaged data [1] on the available fresh water supply in the conterminous area of the United States for 1965 and for 1980 as based on projected population figures. For comparison we have also shown the average rainfall per capita in 1965 for Italy. What is most striking is that on a per capita basis the rainfall in Italy in 1965 was

about what the recoverable water supply will be in the United States in 1980, when it is expected that severe local shortages may occur. In Table II are given the corresponding fresh water withdrawals. Except for agricultural usage, where most of the withdrawal is consumed, a large part of the withdrawn water is returned to streams, lakes, underground sources, etc. However, the returned water is to some degree polluted by contaminants or at best thermally polluted, as in the case of cooling water for power generation. From the figures of Table II, an estimated withdrawal rate in 1980 of $6.1 \text{ m}^3/\text{day/capita}$ may be compared with the recoverable supply of $9.6 \text{ m}^3/\text{day/capita}$. A «safety factor» on average of only 50% in 1980, compared with 140% in 1965. Evidently, local shortages are to be anticipated, since all the figures given are averages for the country as a whole. The situation in Italy can only be guessed, since data similar to that in Ref. 1 could not be readily located.

From the picture which emerges, it is clear that it will be necessary to develop new supplies of fresh water and recycle the presently available supplies. Using Table II as a guide it appears that the recycling of industrial water to eliminate contaminants would be an important step. Further, the development of effective techniques for the desalination of sea water and brackish waters would provide a major new source of fresh water. The problem of removing salts from saline water or dissolved contaminants from polluted waters is in general similar. In both cases the key is the ability to purify at an economically acceptable cost, whereby acceptable is meant that a nation's living standard would not be impaired. In the United States, for example, this would imply a goal in lire of about 15 £/m^3 ($\approx 100/1000 \text{ gal}$) for desalting sea water for agricultural purposes. The costs for industrial and domestic usage would be correspondingly higher. Present costs for large scale desalination of sea water are about an order of magnitude greater than what is sought. To achieve an order of magnitude cost reduction will require corresponding improvements in the techniques of desalting and purifying water.

For purposes of simplifying the presentation we shall restrict our further considerations to the desalination of sea water or brackish water. We shall suggest how, by appropriate research, the improved techniques which are needed can be developed. To illustrate this we will show how modern theoretical and experimental fluid mechanical ideas can be applied to understanding the limitations imposed by certain critical technical problems of hydrodynamic origin in a sea water and in a brackish water desalination system. From the understanding achieved we will indicate how this could aid in the redesign of the systems so that they may be capable of producing water at costs significantly lower than at present.

Freezing and Electrodialysis.

For most desalination systems the unit cost of the product water is about equally divided between energy costs and fixed costs on equipment. The energy costs result primarily from the inefficiencies associated with supplying the finite driving potentials required of any practical process. In this regard, it is of interest to note that most of the world's installed desalination plant capacity is based on the distillation process. These plants operate at an energy efficiency of between 1 and 2%, when compared with the minimum thermodynamic energy required to separate dissolved salt from sea water.

Two demineralization systems which operate with relatively high energy efficiencies, in excess of 10%, are freezing and electrodialysis. It is clear that if the capital and operating costs of these systems could be correspondingly improved by overcoming existing technical limitations, it would be possible to achieve significant reductions in product water costs. It should be pointed out, that because of the obvious advantages of these two techniques they have been under study for some time now by the Istituto di Ricerca sulle Acque of the Consiglio Nazionale delle Ricerche.

In the freezing process for sea water desalination, the saline water is partially frozen to produce a mixture of salt-free ice crystals and enriched brine. The ice crystals, which range in size from a fraction of a millimeter to several millimeters, are then separated from the brine and melted to produce the fresh water. The heat required to melt the ice is «essentially» equal to that which was removed to accomplish the freezing. The two principal methods used for refrigerating the saline water have been vacuum freezing in which a portion of the cold saline water is vaporized under vacuum, and secondary refrigerant freezing in which an immiscible liquid refrigerant vaporizes when brought into direct contact with cold saline water. The very high energy efficiency of the process is associated with the fact that it is a direct contact one, in that there is no heat transfer surface required between the evaporating refrigerant and the saline water from which the ice crystals are formed.

Because ice crystals exclude all foreign matter, freezing is particularly suited to demineralizing high concentration saline water such as sea water. It is also suited to water treatment where the waste or pollutant is a dissolved solid in relatively high concentrations. To date, one of the major difficulties encountered has been the separation of the ice crystals from the brine in which it is formed. Although the separation can be accomplished, it has been done so only at a relatively slow rate and in

a manner such as to contribute both directly and indirectly to high product water costs by freezing.

Electrodialysis makes use of the fact that salt and other dissolved minerals exist in water in the ionic form of positively charged (sodium) ions and negatively charged (chlorine) ions. As shown in fig. 1, channels through which the saline water passes are made up by alternating positive

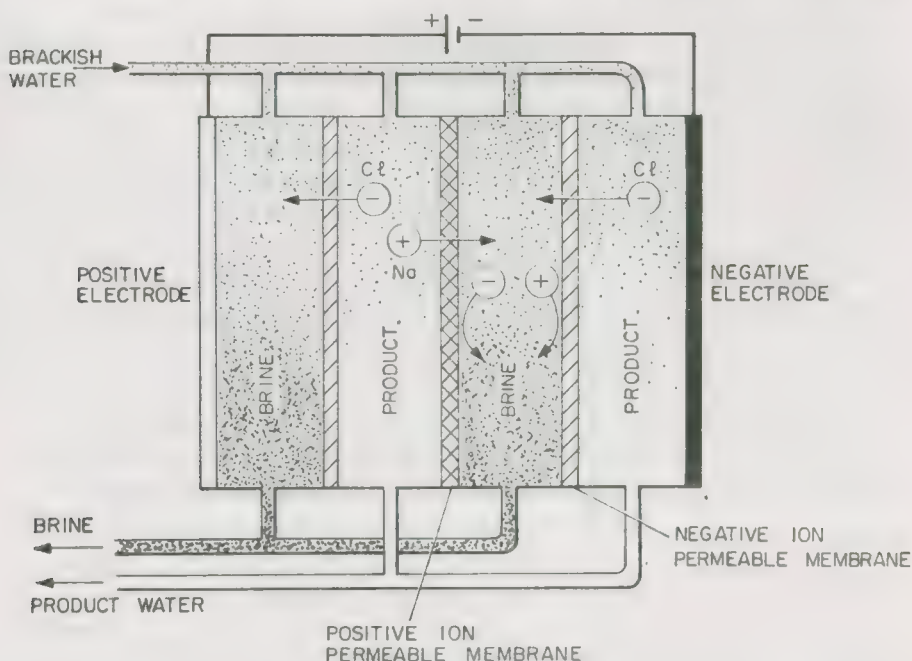


Fig. 1.

Electrodialysis system.

ion and then negative ion permeable membranes, many such channels constituting a stack. The passage of a direct current through the stack results in the depletion and enrichment of the salt in alternating channels, because the ions move toward the electrode with opposite charge. The current, which is proportional to the amount of salt removed, at first increases linearly with the applied voltage, much like in a current carrying solid conductor. However, at higher voltages the current levels off, because the salt concentration decreases, causing an increase in the electrical resistance of the fluid. This saturation or «concentration polarization» phenomena sets a limit to the usable current. In addition, polarization is associated with low salt concentration and high electric fields near the membranes in the fresh water channels, and this can lead to effects which are deleterious to membrane life.

Polarization is markedly affected by the hydrodynamics of the flow in the system and an understanding of the details of its occurrence is one of the central problems of electrodialysis. This detailed knowledge is required in order to provide a rational basis for the optimization of design and operating conditions. Because such information has not been available, this has resulted in designs of electrodialysis systems which may be far from optimum.

Electrodialysis is essentially an isothermal process and it is therefore a relatively efficient one from an energy viewpoint. However, as a demineralization system it is principally useful in the treatment of brackish waters, for which the dissolved mineral content is of the order of one-tenth that of sea water (which on average contains about 35,000 parts per million of dissolved minerals). This restriction to brackish water salinities results primarily from membrane fouling and precipitate formation problems, both of which might be significantly alleviated by more optimum design. In this way, not only might costs under present modes of operation be significantly reduced but the method itself might be capable of extension to a wider range of operating conditions.

In what follows we outline work which has been carried out in the Fluid Mechanics Laboratory at M.I.T. in an effort to solve the problems raised above in connection with both freezing and electrodialysis.

Counterwashers in Freezing.

In the freezing systems described it was indicated that a major problem is the separation of the solid ice crystals from the brine. The brine adheres to the ice crystals by means of interfacial tension. Since the ice crystals produced are small, the total area of ice exposed to the brine is large and the surface tension forces are of major importance. It should be mentioned, that in the case of sea water conversion conventional separation methods such as centrifuging, gravity drainage, vacuum filtration, compression, etc. have all proved to be either too slow or too expensive.

To overcome the difficulties associated with surface tension forces, displacement processes have been suggested in which the brine is displaced from the interstices of the ice crystals by clean product water which has a surface tension essentially equal to that of the brine. This process can best be pictured by considering a gravity drainage separation process in which the drainage is improved when in addition to draining the brine from the bottom of a batch of ice crystals, pure water is allowed to filter through the interstices of the ice bed to displace the brine.

Bosworth et al [2] suggested a continuously operating device based on the displacement principle. In this device the slurry of brine and ice crystals is introduced into the bottom of a vertical column from which brine drains through screens at the bottom. The ice crystals move upward by their own buoyancy force, forming a porous ice plug at the top of the column where wash water is added from above. As the ice plug moves upward through the layer of wash water, the brine is displaced from the interstices of the porous ice plug and the salt free ice crystals are harvested at the top. The rise of the ice crystals in the column is, however, rather slow, being limited by the terminal rise speed of a particle in a fluid due to buoyancy (gravity) forces alone. This terminal speed fixes an upper limit to the production rate for such a gravity wash column of about $1000 \text{ kg/hr} \cdot \text{m}^2$ of product water, which is much too low for economic desalination.

Attempts to improve upon the gravity wash column by allowing the moving brine to provide the driving force for moving the ice particles upward met with relatively little success in that the production rates achieved were little higher than those for the gravity column described above. The reason for this lay in the lack of a detailed understanding of the fluid mechanics of the process, which is necessary in order to specify the mode of operation of such columns.

Fig. 2 is a steady state picture of this type of flooded counterwasher. The ice crystals are considered to have consolidated into a porous plug extending upward to the full length of the column above the screens L_2 , and to a certain distance L_1 below the screens. The rate of removal of ice crystals from the top of the column is taken equal to the rate of arrival of ice to the bottom of the ice plug, so that L_1 as well as L_2 remain constant and the production rate is continuous and uniform in time.

In the steady state operation a slurry of brine and ice crystals is charged to the bottom of the column at a constant rate. A given pres-

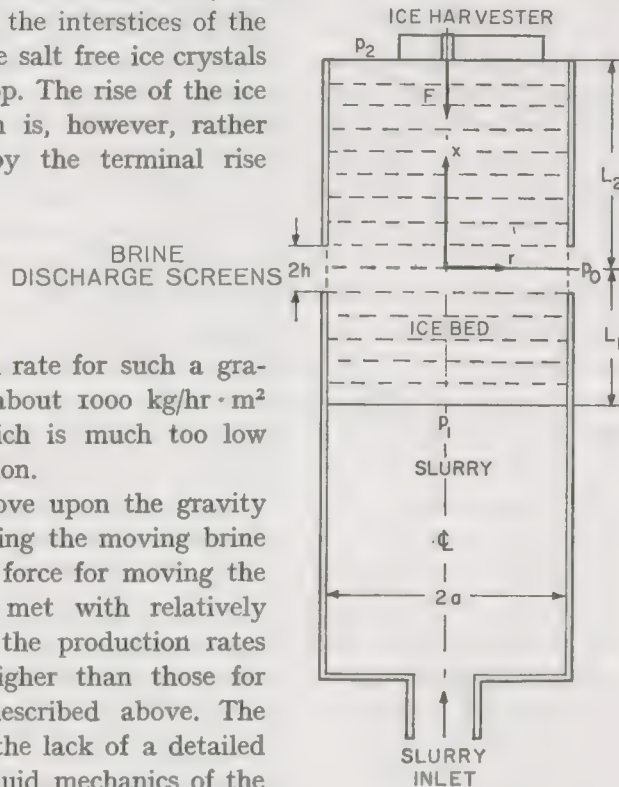


Fig. 2.

Counterwasher cross section.

sure p_1 is maintained in the liquid right below the consolidated ice plug. Brine filters upward through the bottom of the ice plug and then diverges towards the screens located in the vertical walls. Wash water is supplied to the top of the ice plug at a given pressure p_2 and filters through the upward moving ice plug displacing the brine from its interstices and thereby separating the ice crystals from the brine. It is assumed that a sufficient amount of wash water is added to fill up the void volume of the porous plug so that it remains flooded for all possible operating conditions. Ideally the wash water can form a stationary layer at the top of the column. In practice, however, small quantities of wash water are allowed to filter downward and discharge through the screens to counteract the tendency of the brine to diffuse upward into the wash water layer. The pressure difference $(p_1 - p_2)$ must be maintained sufficiently large to provide the driving force required to move the ice plug with its entrained fluids at a constant velocity upward against any restraining forces F resulting, for example, from wall friction or force in the column due to the stress exerted by the harvester. The rates of flow of brine and wash water are determined to a large extent by the relative pressure setting at the screens, $(p_2 - p_0)$. This pressure difference must be carefully selected to match the design flow rates and operating conditions.

Since the separation of the ice crystals from the brine is achieved by fluid dynamic displacement of the brine by fresh water, it clearly would be appropriate to determine hydrodynamically the flow patterns and brine and wash water flow rates through the porous plug. The results of such an analysis should then provide the appropriate design parameters and operating conditions for optimizing the operation of counterwashers. The description of counterwashers presented above and a relevant fluid dynamic analysis of their operation was first given in Ref. [3].

The theory of Ref. [3] was based on the assumption that Darcy's law governed the flow through the porous ice plug. This law simply expresses the fact that the volume flow rate through a porous media is proportional to the applied pressure difference in the direction of the fluid flow. Since the ice plug is moving it is necessary to account for this and employ a slightly modified form of the Darcy relation. On combining Darcy's law with the expression for conservation of fluid mass leads to a Laplace equation in two-dimensions for the pressure potential ϕ , that is, the static pressure p plus the hydrostatic head. The boundary conditions required to determine the solution of the equation may be readily seen from fig. 2. They are, the independent specification of the pressures or really pressure potentials at the bottom of the plug, top of the plug, and at the screen. Application of the condition of no normal flow at the axis of symmetry and along the vertical walls completes the definition of the problem. The

solution for the pressure potential, when combined with the force balance equation for the plug and a relation for ice conservation is sufficient to determine the complete performance of the column. It is, of course, necessary to specify the physical properties of the ice such as its porosity ϵ and permeability κ , as well as the ice fraction α in the slurry, and the column geometry as expressed by the diameter and screen-height h .

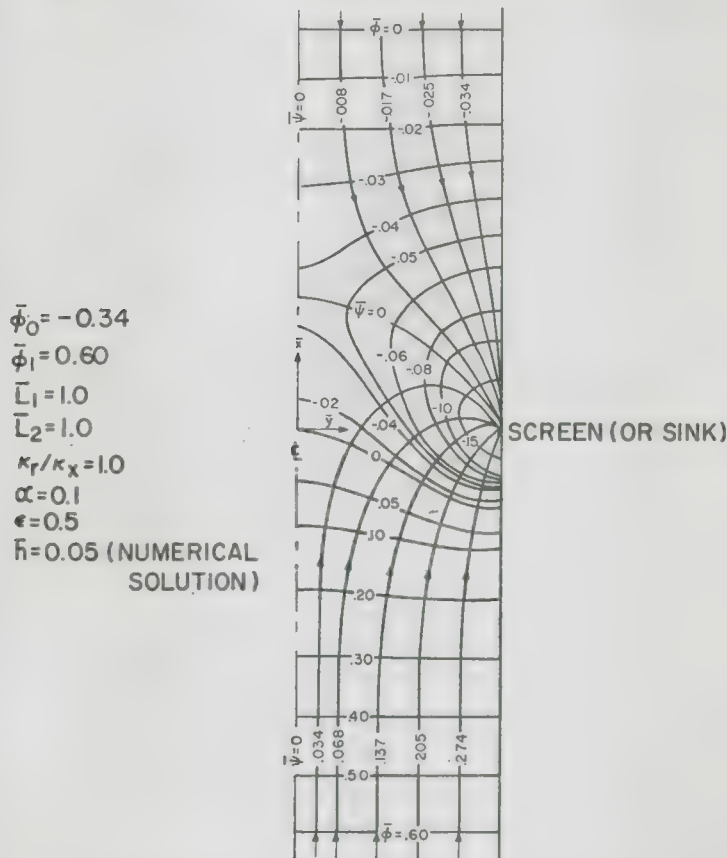


Fig. 3.

Potential and stream function distribution for rectangular counterwasher.

Numerical solutions were presented in Ref. [3] for two-dimensional rectangular geometries and in Ref. [4] for axisymmetric cylindrical geometries. For a rectangular counterwasher a simple analytic solution was given in the particular case where the screens were small enough in comparison with the column diameter that they could be represented as point sinks. The solution was that obtained from the potential field produced in a channel by a sink located in one wall with a superposed uniform axial



Fig. 4.

Brine crown in rectangular stationary polyethylene bed.

flow to account for the different potentials and rates of flow at the two ends of the column (L_1 and L_2).

A typical distribution of potential φ and streamlines ψ in a rectangular counterwasher is shown in fig. 3. The overbars on the parameters and variables indicate that the quantities are dimensionless. The solution shown is one obtained from the analytic result, though for the screen height chosen it was found to be essentially the same as that given by the numerical calculations. The most important result which can be seen

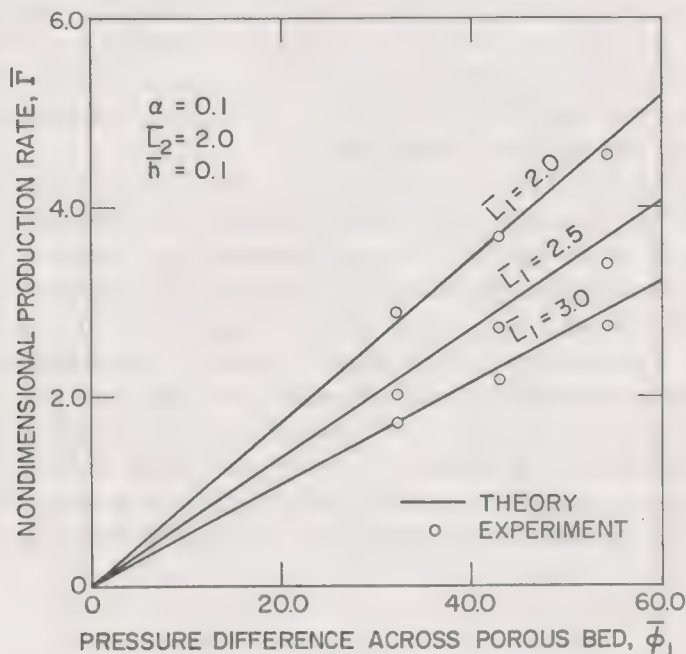


Fig. 5.

Effect of lower bed length and pressure difference across bed on productions rate; cylindrical counterwasher.

from the figure is that above the line $\bar{\psi} = 0$, termed the « brine crown », there is only fresh water flow and below it only brine flow, with no net flow across the brine crown. As already pointed out, transport of salt can take place across the brine crown by means of diffusion and dispersion, although this effect is generally small and can be counteracted by the downward flow of a small quantity of wash water. In fig. 4 we have shown for a rectangular counterwasher a comparison [4] between the predicted brine crown and experiments carried out using polyethylene particles (in place of ice crystals). By coloring the incoming brine it was possible to visually observe the interface. For the conditions of the test

it may be seen that the agreement between the theory and experiment is rather good.

Among the more important conclusions of the analysis are that sharp increases in production rate can be obtained by decreasing the length of the ice plug below the screens, for a fixed pressure difference across the column and that the production rate is linearly proportional to this pressure difference. These results are illustrated in fig. 5 for a cylindrical counterwasher [4], where again theory and experiments using polyethylene particles are compared. Other results are that the rate of wash water flow and product salinity are determined mainly by the «relative suction» at the screen and that the production rate can be increased with increased concentration of ice crystals in the slurry, increased ice plug permeability, and increased screen height.

The utilization of the concepts derived from the theory and experiments described have been embodied in practical wash columns [5], which would appear to be capable of being designed for operation with ice production rates of from 50,000-100,000 kg/hr · m², an improvement over existing counterwashers of two orders of magnitude. At the present time, Avco Corporation in the United States is undertaking the development of pressurized counterwashers of the type described in connection with a secondary refrigeration freezing process. Although other problems are to be found in freezing, one of the major ones may have been overcome, with the resultant possibility of a sharp reduction in desalinated product water costs when compared with present day technology.

Hydrodynamics of Electrodialysis.

In our discussion of the problems in electrodialysis systems we indicated that a detailed knowledge was required of the electrohydrodynamic flow characteristics. Now the flow in plane, parallel unobstructed electrodialysis channels of the type illustrated in figs. 1 and 6 can occur under a variety of flow conditions, that is, laminar, transitional or turbulent depending upon the Reynolds number. Furthermore, in practical systems it has often been found desirable to introduce spacers or «turbulizers» in the flow, since the limiting current generally increases with increasing turbulence level. However, for simplicity of presentation we shall restrict our considerations primarily to the case of fully developed unobstructed laminar flow, although some results for turbulent flow will be mentioned.

Before outlining the method of approach and some results, including recent experimental measurements, we first consider the qualitative behavior of the salt concentration and electric potential distributions in

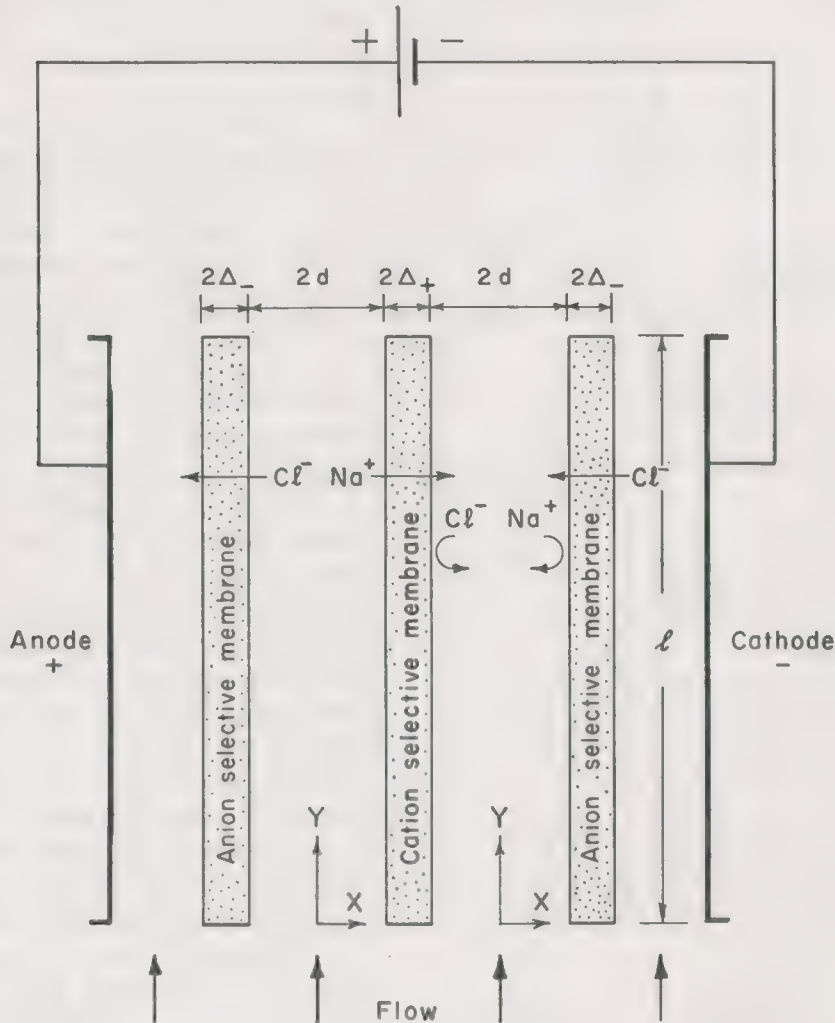


Fig. 6.

Electrodialysis system and coordinates.

the dialysate (product water) and brine channels following the description given in Ref. [6]. These distributions are shown schematically in figs. 7 and 8 for the case where the inlet concentrations are the same in both channels.

At the point the fluid enters the region where current is allowed to flow the velocity profile is already fully developed and the ion (salt) con-

centration is uniform (fig. 7). As a result of the nearly uniform concentration close to the inlet, the fluid responds to the applied electric field simply like a medium with constant electrical conductivity, that is, there is a linear potential drop through the fluid as well as the membranes (fig. 8).

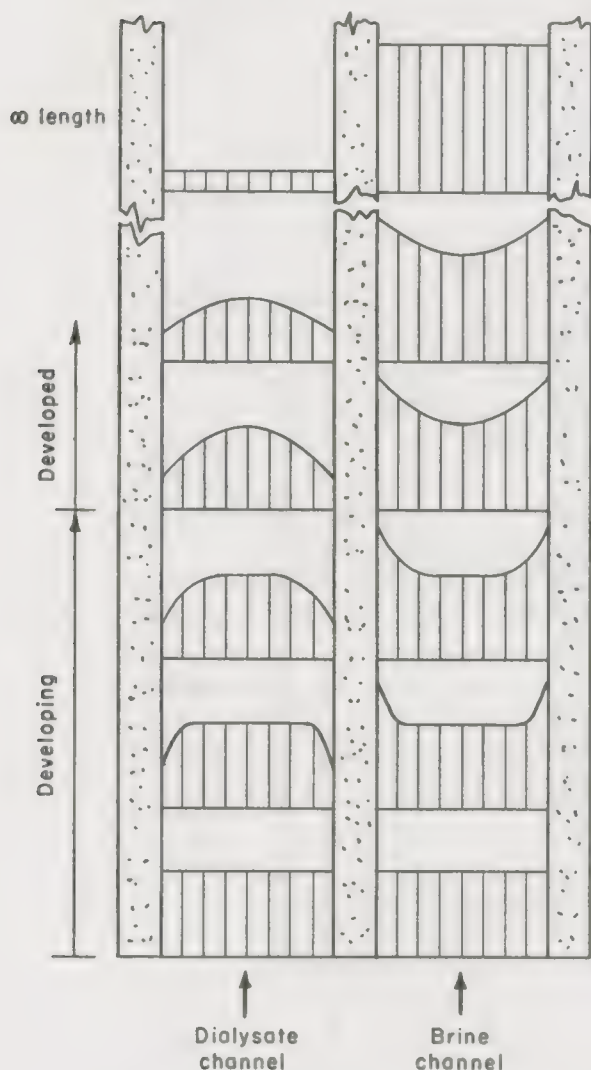


Fig. 7.

Sketch of salt concentration distribution in electro-dialysis channels.

Further downstream, concentration gradients develop adjacent to the membranes as a result of the ion loss or gain (depending on the channel) and these concentration boundary layers grow in thickness as shown in fig. 7. The ion concentration decreases at the membrane surfaces in the dialysate and increases in the brine. In the dialysate channel as a result of the large concentration gradients the potential drop is larger than that associated with the average conductivity in the channel, with the drop being sharpest at the membrane boundaries. In the brine channel the opposite situation prevails. In addition, there is a so-called Donnan potential drop at the fluid-membrane boundaries resulting from the concentration discontinuities which occur there.

Eventually, the diffusion layers fill the channels and thereafter the ion concentration begins to decrease in the center of the dialysate channel and to increase in the brine channel. At infinite channel lengths the concentrations in the dialysate and brine channels would tend to limiting values corresponding to the total applied potential drop being taken up by the Donnan potential associated with the concentration discontinuities at the membrane interfaces.

By analogy with velocity profile development in the entrance region of a pipe or channel, the region where the diffusion layer is growing is

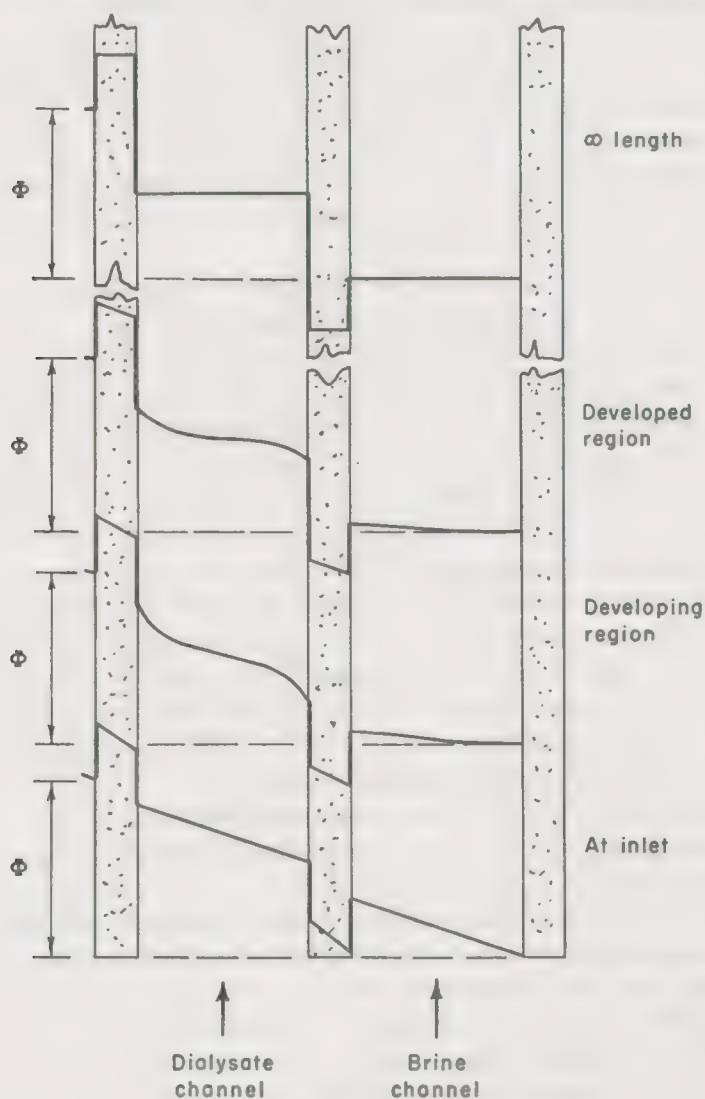


Fig. 8.

Sketch of potential distribution in electro dialysis channels.

termed «developing» and where the diffusion layer has filled the channel the region is termed «developed». The use of this latter term is not quite analogous to its use in connection with a fully developed velocity profile, which does not change once the viscous boundary layers fill the

channel, since the concentration boundary layer continues to alter as long as current flows.

In the analysis given in Ref. [6], salt was considered to be the only ionic species in the solution and the membranes were taken to be perfectly selective and of constant electrical conductivity. In addition, as already noted, the flow was considered to be fully developed and laminar in unobstructed channels. The case of uniformly distributed spacer material was treated by assuming that in a low Reynolds number flow the only effect of the spacers would be to make the velocity profile uniform on average.

Under the approximations noted and with some other minor ones made for analytic simplicity, including high aspect ratio channels, the problem reduces to the solution of a linear diffusion equation for the salt concentration. However, this equation is coupled in a nonlinear fashion with the equation for charge conservation through the boundary conditions. The charge conservation relation is essentially an Ohm's law for the potential drop across the channels and the membranes, with the conductivity in the fluid proportional to the concentration and the conductivity in the membranes simply given by the membrane resistance.

The boundary and initial conditions are that at the inlets of the channels the salt concentrations are uniform and specified; in the dialysate channel at the anion selective membrane the positive ion flux is zero and vice versa in the brine channel (see fig. 6); and the total potential drop across a channel pair is constant at a given value, thereby coupling the solutions for the brine and dialysate channels.

In Ref. [6] the distributions of salt concentration, electric potential and current density in the brine and dialysate channels were solved for by an integral method. In the general case it was necessary to obtain the solutions numerically, although for the limits of high polarization and low polarization results could be given in analytic form.

Among the more important results is that the performance of the electrodialysis system can be described completely in terms of only four dimensionless similarity parameters. The four similarity parameters are combinations of thirteen original parameters and two physical constants which specify the problem. The first parameter is a dimensionless channel length (see fig. 6).

$$\gamma = \frac{lD}{d^2V} = \frac{l}{d} \cdot \frac{1}{Pe},$$

which contains the average flow speed V and the salt diffusion coefficient D . It may be interpreted as the product of the channel aspect ratio l/d

divided by the Peclet number $Pe = Vd/D$. The second parameter is simply the dimensionless potential drop across a channel pair, which we will denote by Ψ . Of the remaining two parameters, one is a dimensionless

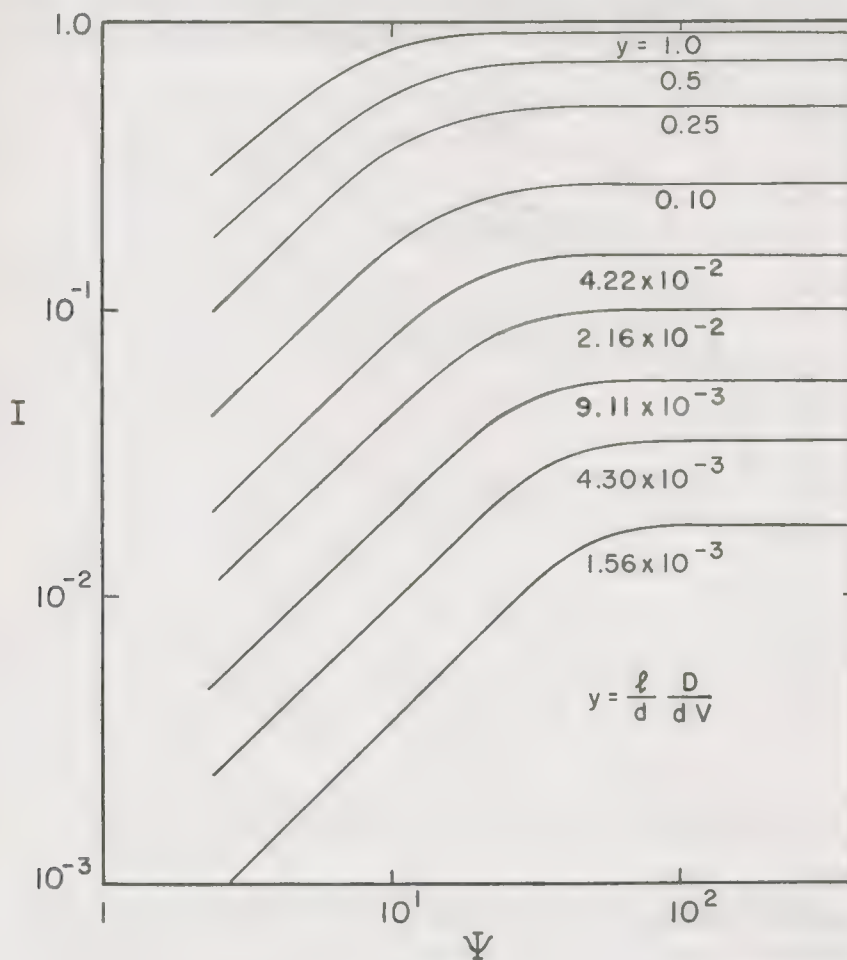


Fig. 9.

Total current versus applied potential across channels.

measure of the resistance of the membranes and the other is just the ratio of the salt concentrations at the inlets to the brine and dialysate channels.

A measure of the overall system performance is provided by the total current or desalination rate. In Ref. [6] a dimensionless total current I was defined, which represents the fraction of the incoming salt removed in one pass through a dialysate channel. In fig. 9 is shown this total current as a function of the dimensionless applied potential for a

parabolic velocity profile, negligible membrane resistance and equal brine and dialysate concentrations at the channel inlets. The increased salt fraction removed with increasing γ (decreasing average velocity) can be seen. The curves are evidently similar, and indeed an important result is that the solutions for the total current can be represented by a single empirical

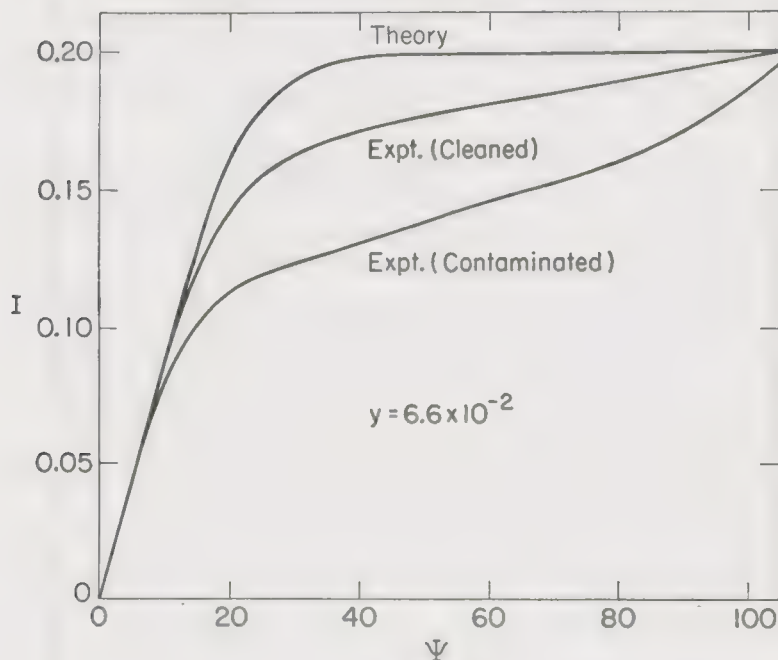


Fig. 10.

Comparison of experiment and theory for total current versus applied potential.

analytic formula valid for all $\gamma < 0.1$ and arbitrary values of the other three similarity parameters. The restriction to $\gamma < 0.1$ covers the practically important cases where the diffusion layers next to the membranes are still developing.

In fig. 10 is shown a comparison of the theory with experimental data obtained by G. Grossman and A. A. Sonin [7]. For the clean membrane the agreement is rather good. The small difference between the theory and experiment is probably ascribable to the fact that the membrane is not entirely clean. This is evident from the direction of the results for the «fouled» membrane, where the fouling comes from ionic impurities in the water. These impurities contaminate the membrane after extended periods of operation, eventually leading to the need of flushing the membranes with an «ion solvent». For either set of data it can be seen that

a true saturation of the current does not take place, a result of the water dissociating into H^+ and OH^- ions so that the ion concentration is prevented from becoming zero at the membranes. In fig. 11 are shown the clean system results (denoted laminar) for the limiting total current, that is the saturation value, as a function of the flow speed parameter y .

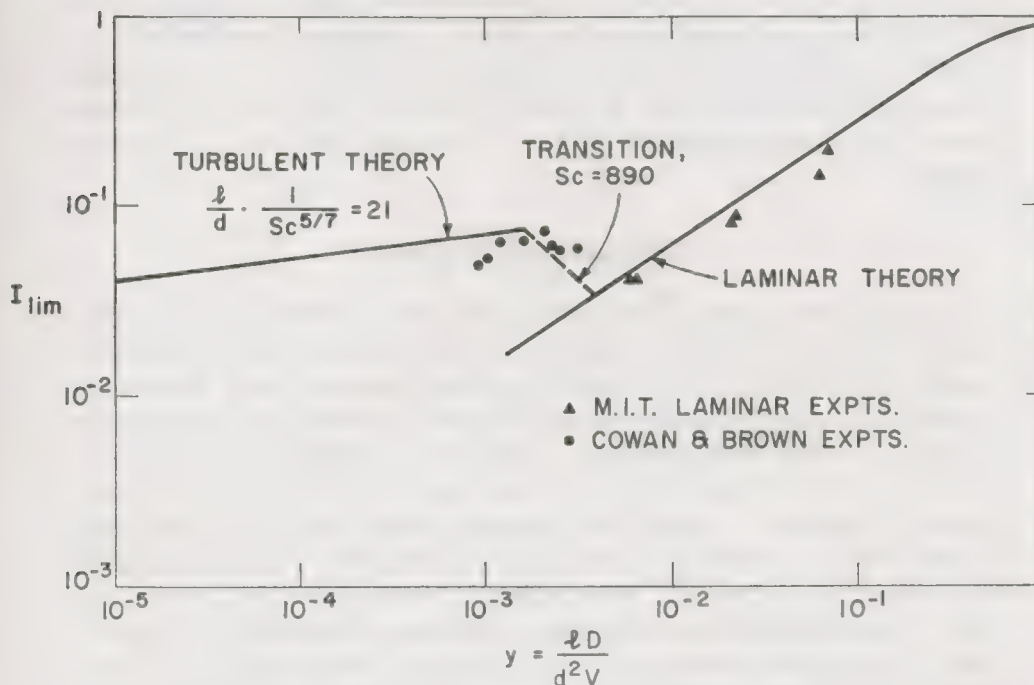


Fig. 11.

Limiting total current versus flow speed parameter for laminar and turbulent flow.

The agreement with the theory, which has no free parameters, is seen to be rather good.

An analogous, but semi-empirical, theory [8] has been carried out for fully developed turbulent flow. The analysis parallels that for the laminar case except that an eddy diffusivity model is used to describe the salt diffusion. The similarity parameters which describe the system are the same as those for laminar flow except that the Reynolds number appears as an additional parameter. In fig. 11 is also shown the turbulent flow result for the limiting current compared with some early experiments of Cowan and Brown [9]. The Schmidt number Sc is the ratio of the fluid kinematic viscosity to the salt diffusion coefficient D . Turbulent experiments are presently being carried out to provide additional data.

The significance of the results obtained so far is, among other things, in their use for optimizing a practical design. Such optimal calculations have been made and it appears that at current and more so at projected membrane costs, a typical electrodialysis system may operate at the economic optimum under laminar rather than the spontaneously turbulent flow conditions for which most present systems are designed. For such operation, polarization can be avoided by keeping the effective path length short, either by using an actually short path or by introducing obstructions causing mixing at regular intervals. The study, both theoretically and experimentally, of these operating conditions is now in progress.

Concluding Remarks.

For two techniques of desalination and water purification it has been suggested by the results of fundamental fluid dynamic studies how significant improvements can be made in these processes. Much remains to be done by way of further research on both systems. For example, in freezing a better understanding of the ice crystallization mechanisms and means of ice formation is very important. In electrodialysis the problems of membrane fouling and operation under effectively short path lengths must be understood more quantitatively. There is little question that solutions to these and other similarly defined problems cannot but help to rapidly and markedly reduce the cost of purified and desalted water. This cost reduction may take considerably longer if we rely solely upon cut and try engineering solutions rather than well-defined and directed research efforts.

REFERENCES

- [1] U. S. WATER RESOURCES COUNCIL, *The Nation's Water Resources*, Washington, D. C., 1968.
- [2] BOSWORTH C. M., CARFAGNO S. S., BARDUHN A. J. and SANDELL D. J., *Further Development of a Direct-Freezing Continuous Wash Separation Process for Saline Water Conversion*, Office of Saline Water, R & D Progress Rept. No. 32, U. S. Dept. of the Interior, Washington, D. C., 1959.
- [3] SHWARTZ J. and PROBSTEN R. F., *An Analysis of Counterwashers for Freeze-Distillation Desalination*, «Desalination», Vol. 4, 5-29 (1968).
- [4] SHWARTZ J. and PROBSTEN R. F., *Experimental Study of Slurry Separators for Use in Desalination*, «Desalination», Vol. 6, 239-266 (1969).
- [5] PROBSTEN R. F. and SHWARTZ J., *Method of Separating Solid Particles from a Slurry with Wash Column Separators*, U. S. Patent 3, 587, 859, 1971.

- [6] SONIN A. A. and PROBSTEIN R. F., *A Hydrodynamic Theory of Desalination by Electrodialysis*, «Desalination», Vol. 5, 293-329 (1968).
 - [7] GROSSMAN G. and SONIN A. A., *Experimental Study of the Effects of Hydrodynamics and Membrane Fouling in Electrodialysis*, Fluid Mech. Lab., Dept. of Mech. Eng'g., M.I.T., Report, 1971 (to appear).
 - [8] GUR-ARIE E., PROBSTEIN R. F. and SONIN A. A., *A Turbulent Flow Theory of Electrodialysis*, Fluid Mech. Lab., Dept. of Mech Eng'g., M.I.T., Report, 1971 (to appear).
 - [9] COWAN D. A. and BROWN J. H., *Effect of Turbulence on Limiting Current in Electrodialysis Cells*, «Ind. Eng. Chem.», Vol. 51, 1445-1448 (1969).
-

L'approvvigionamento idrico ed il controllo dell'inquinamento delle acque.

Natura del problema.

Il problema dell'approvvigionamento idrico ha assunto, negli ultimi anni, dimensioni e proporzioni diverse da quelle dei tempi in cui la richiesta era principalmente legata al reperimento quantitativo di nuove fonti. Tra i nuovi fattori, che condizionano l'uso di un'acqua, grande importanza riveste la qualità data dall'insieme delle caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche.

Un'acqua di scarsa qualità oltre che inadatta agli organismi viventi può diventare economicamente non utilizzabile nelle altre attività dell'uomo (agricoltura, industria, ecc.). Il deterioramento della qualità è fondamentalmente il risultato dello sviluppo demografico ed industriale del nostro tempo, che ha anche comportato un concentramento della popolazione dalle aree rurali alle aree urbane e una trasformazione del sistema di approvvigionamento idrico e di scarico dei rifiuti.

Dal punto di vista dell'approvvigionamento idrico, si deve rilevare che le quantità di acqua richieste a scopo potabile, industriale ed agricolo sono sempre maggiori. Mediamente, esse aumentano del 4-5% all'anno, cioè si raddoppiano ogni 20 anni circa. Inoltre, le richieste sono sempre più concentrate nello spazio e cioè nelle zone urbane ed industriali, spesso vicine le une alle altre, il che comporta gravi problemi per l'adduzione e la distribuzione delle quantità necessarie nonché per lo smaltimento delle acque di rifiuto.

Questa naturale interconnessione tra consumi e scarichi fa sì che l'aumento dei consumi, e quindi dei prelievi, comporti maggiori problemi per lo smaltimento degli scarichi.

Infatti nella situazione attuale del nostro Paese, caratterizzata da un sistema carente di impianti di depurazione, il compito di smaltire il carico inquinante urbano, industriale ed agricolo è quasi totalmente affidato all'autodepurazione dei fiumi. Quest'ultima tuttavia è gravemente

compromessa, sia per la diminuita portata dei corpi idrici, imputabile ai maggiori prelievi, sia per i danni cumulabili che i vari agenti inquinanti operano sull'intero ecosistema acquatico.

Tutti questi fenomeni si riflettono negativamente sulle fonti di approvvigionamento idrico e su tutte le altre possibili utilizzazioni dei vari corpi idrici.

1. - L'approvvigionamento idrico.

Le possibili fonti di approvvigionamento idrico sono le acque di sorgente e quelle sotterranee e superficiali. L'aumento della richiesta d'acqua ed il progressivo esaurimento delle fonti con caratteristiche ottimali fa sì che il prelievo percentuale di acque superficiali sia in aumento. Nel nostro Paese, per esempio, attualmente i prelievi percentuali di acque per uso potabile dalle sorgenti e dai corpi idrici sotterranei e superficiali sono rispettivamente di 42,7, 48,2 e 9,1.

Secondo le previsioni del PRGA riferite all'anno 2015 detti valori risulteranno così modificati: 37,3, 35,6 e 27,1.

Tenuto conto del considerevole aumento dei prelievi per uso idropotabile che, secondo le previsioni contenute nel PRGA, passeranno dagli attuali 166, 4 m³/s a 336,9 m³/s per il 2015, si intuisce la necessità di mantenere la qualità dell'acqua entro limiti che ne consentano un'appropriata utilizzazione.

I prelievi di acque utilizzate a scopo irriguo, costituiti per la maggior parte da acqua superficiale, sono di entità ancora più considerevole. Essi sono stati stimati pari a circa 30 miliardi m³/anno di cui l'80% viene utilizzata nell'Italia settentrionale.

Anche in questo settore il progressivo deterioramento delle fonti di approvvigionamento impone la necessità o di razionalizzare al massimo l'uso dell'acqua o di reperire nuove fonti.

Le informazioni attualmente disponibili in Italia sui prelievi idrici per l'industria sono incomplete: al momento si può rilevare che i fabbisogni specifici per i diversi settori di produzione sono caratterizzati da una estrema variabilità.

Dai primi risultati di una recente indagine promossa dall'Istituto di Ricerca sulle Acque del C.N.R. si può rilevare che il prelievo annuo di acqua per le diverse utilizzazioni industriali, compreso quello delle centrali termoelettriche, si aggira sui 9 miliardi di m³/anno.

Di fronte al prevedibile aumento della richiesta di acqua per uso industriale è necessario predisporre adeguati provvedimenti ed interventi per la creazione di nuove fonti di approvvigionamento naturali ed artificiali e per la razionalizzazione degli impieghi dell'acqua.

In particolare, al fine di limitare considerevolmente i prelievi di acqua dolce, occorre installare e potenziare, ove già esistenti, gli impianti di riciclo, e, per le lavorazioni industriali che lo consentono, è opportuno utilizzare acque di qualità diversa (salmastra, mare) o ricorrere ad altre tecnologie particolari.

Anche in questo settore il problema dell'approvvigionamento idrico è acuito dal fenomeno dell'inquinamento; tuttavia i requisiti di qualità che deve possedere un'acqua per uso industriale, fatta eccezione per quelle alimentari, spesso non sono molto spinti, per cui l'utilizzazione previo un opportuno trattamento è quasi sempre possibile.

2. - Le principali fonti di inquinamento.

Secondo una definizione generale si ha inquinamento quando «l'acqua è alterata nella composizione o condizione, direttamente o indirettamente come risultato dell'attività dell'uomo tale da essere meno adatta per ciascuno o tutti gli usi per cui essa potrebbe essere utilizzata nel suo stato naturale» (OMS, 1956).

Più semplicemente l'inquinamento può essere inteso come la modificazione della qualità dell'acqua, provocata da scarichi, provenienti dai diversi settori dell'attività umana, civile, industriale ed agricola.

L'acqua che riceve gli scarichi non trattati diventa per lo più inutilizzabile direttamente per gli impieghi successivi.

Fino a qualche anno fa la principale fonte di inquinamento era costituita dalle acque di scarico urbane, prevalentemente di tipo domestico e come tali caratterizzate dalla presenza di materiali e sostanze galleggianti, solidi sedimentabili e soprattutto, da un elevato contenuto di sostanze organiche putrescibili che attraverso l'attività dei microrganismi riducono il contenuto di ossigeno dell'acqua ed infine dalla presenza rilevante di batteri (coliformi) anche patogeni. Tali acque, se scaricate direttamente in un corpo idrico, danno luogo a depositi maleodoranti, consumano ossigeno, instaurano processi putrefattivi, insidiano la salute umana e compromettono le caratteristiche estetiche. Tali fenomeni sono tanto più gravi, quanto minore è il fattore di diluizione e la rialimentazione di ossigeno nel corpo idrico recipiente.

La capacità del fiume a far fronte a questo tipo di inquinamento dipende essenzialmente dal bilancio dell'ossigeno che risulta dalla competizione tra la domanda imposta dal materiale ossidabile, le risorse di ossigeno esistenti e la capacità di reareazione.

Oggi le acque di scarico urbane sono generalmente di tipo misto, poiché, insieme ai rifiuti domestici, raccolgono gli scarichi di attività artigianali

e industriali minori, perciò hanno cambiato le loro caratteristiche contenendo più olii e grassi, sostanze persistenti (detergenti, pesticidi, etc.), prodotti chimici vari, per lo più tossici. Per contro, i maggiori consumi di acqua pro capite hanno portato ad una maggiore diluizione del liquame delle fogne cittadine. Gli scarichi di provenienza artigianale e industriale possono provocare danni alla rete fognaria (corrosione, incrostazione, ecc.) e inibire i processi di epurazione biologica, sia naturali che artificiali.

Più grave è il problema dello smaltimento delle acque di rifiuto industriali, dati i maggiori danni che, in genere, esse possono provocare se non debitamente trattate. Le caratteristiche delle acque di scarico industriali sono le più diverse a seconda del tipo o della natura degli agenti inquinanti e del processo di fabbricazione dal quale provengono.

Le sostanze inquinanti possono essere organiche e inorganiche: sono prevalentemente organiche quelle provenienti da lavorazioni di sostanze alimentari, da lavorazioni farmaceutiche, cartarie e petrolchimiche ecc., sono inorganiche quelle provenienti dall'industria chimica di base, da quella metallurgica, siderurgica, galvanica, ecc. Le prime possono dare luogo agli stessi effetti indicati per gli scarichi urbani; le seconde possono dare luogo a effetti di natura estetica (schiuma, colore, odore, emulsione, torbidità) o possono interferire direttamente con l'attività biologica degli organismi acquatici. Le sostanze tossiche in particolare esercitano un'influenza inibitoria sugli organismi proposti alla degradazione della sostanza organica, provocano uno squilibrio biologico dell'ambiente.

Un particolare tipo di inquinamento industriale è quello cosiddetto « termico » provocato da un aumento di temperatura dell'acqua che diminuisce la solubilità dell'ossigeno e influisce, accelerandolo, sul metabolismo della flora e della fauna.

3. — Agenti inquinanti

Le sostanze inquinanti, che pervengono nei corpi idrici dalle fonti indicate nel paragrafo precedente, possono essere distinte in « persistenti » e non « persistenti ».

Le sostanze persistenti sono poco modificate nella loro struttura e nella loro proprietà dai processi biologici che avvengono spontaneamente nelle acque naturali o negli impianti di trattamento depurativo. A questa classe appartengono i composti inorganici, come sali minerali ed alcune sostanze organiche particolari come i detergenti ed i pesticidi di sintesi.

I sali minerali sono presenti negli scarichi domestici, industriali e nelle acque reflue della irrigazione. Le sostanze persistenti di altro tipo sono per lo più di provenienza industriale.

Le sostanze non persistenti sono invece quelle che, per effetto di processi chimici, biologici e fisici che avvengono spontaneamente nelle acque naturali o negli impianti di trattamento depurativo, cambiano di struttura e di caratteristiche. È questo il caso di quasi tutte le sostanze contenute negli scarichi domestici, particolarmente di quelle organiche putrescibili, che i batteri e altri microrganismi presenti nelle acque naturali o negli impianti biologici di depurazione possono totalmente trasformare, in particolari condizioni, in composti semplici, come acqua, anidride carbonica, nitrati, fosfati, solfati, ecc. (processo di mineralizzazione).

Le sostanze nutritive contenute nelle acque di scarico, costituite principalmente da sali di fosforo, di azoto e di altri elementi in minor quantità (potassio, ecc.), pervenendo nei corpi idrici, specialmente in quelli stagnanti (laghi, baie, ecc.), provocano un tipo di inquinamento indiretto noto con il nome di « eutrofizzazione ». L'inconveniente principale di tale fenomeno è costituito dall'eccessiva produzione della sostanza organica vivente, rappresentata primariamente dalla componente vegetale (alghe e piante acquatiche).

In seguito alla eccessiva proliferazione dei vegetali (fioritura algale) diminuisce la possibilità di penetrazione della radiazione solare e conseguentemente si riduce la produzione di ossigeno fotosintetico. Lo stesso materiale organico di decadimento raggiungendo gli strati inferiori si decompone sottraendo altro ossigeno.

Nel periodo di stratificazione delle acque (stagione estiva) si verificano anche casi di totale scomparsa dell'ossigeno e comparsa di prodotti maleodoranti provenienti dalla decomposizione anaerobica.

La qualità dell'acqua può in questi casi risultare deteriorata a tal punto da non consentire un suo uso economico per approvvigionamento idrico. Anche altri usi, ricreativo, agricolo, vita acquatica vengono seriamente compromessi.

Come si è già accennato un gran numero di sostanze organiche, la maggior parte di impiego recente, anche se non persistenti nel senso stretto della parola, presentano una certa resistenza alla degradazione da parte degli organismi viventi dell'acqua. Dato che gli agenti degradanti nei processi artificiali sono gli stessi dei processi naturali, queste sostanze attraversano indenni anche gli impianti di trattamento.

Prodotti di questo tipo sono purtroppo di uso comune, come il DDT, alcuni detergenti sintetici e altri prodotti complessi per uso industriale, agricolo (pesticidi) e farmaceutico. I pesticidi agricoli non pervengono agli impianti di trattamento, ma raggiungono le falde sotterranee e i corpi idrici superficiali per percolazione e dilavamento del terreno da parte delle acque irrigue e piovane.

Una particolare menzione meritano i detergenti, per la loro vasta diffusione di impiego nelle case e nelle industrie. Essi producono nei corpi idrici in cui vengono sversati estesi banchi di schiuma che il vento può trasportare a lunga distanza; se pervengono in impianti di trattamento interferiscono con i processi biologici; contribuiscono all'eutrofizzazione per la carica di fosfati che li accompagna; possono svolgere un'azione sinergica nei riguardi di altri inquinanti tossici, quali alcuni idrocarburi e pesticidi e soprattutto per le loro caratteristiche di tensioattività (concentrazione negli strati superficiali) riducono i coefficienti di riossigenazione.

Anche l'inquinamento radioattivo ha una certa persistenza. Benché tutti gli elementi radioattivi siano in fase di decadimento, in alcuni casi il processo è così lento che i radionuclidi possono, ai fini pratici, essere considerati persistenti. Lo scarico di sostanze radioattive è comunque oggi soggetto alle più severe misure restrittive e di controllo.

Particolarmente pericoloso per la salute pubblica è l'inquinamento batterico, per lo più collegato allo scarico dei liquami urbani. Il pericolo è rappresentato non solo dall'apporto dei rifiuti di individui malati, ma anche dei portatori sani. La preoccupazione è rivolta soprattutto contro i batteri patogeni apportatori di malattie infettive tra le più diffuse, quali il tifo e il paratifo, che vengono trasmessi sia direttamente tramite l'acqua, sia indirettamente attraverso la ingestione di alimenti crudi, specialmente verdure e mitili. Nell'acqua si trovano anche i batteri apportatori di dissenteria e colera e altri microrganismi patogeni, del genere degli streptococchi e degli stafilococchi, nonché virus dell'epatite, della poliomielite, ecc.

Altri microrganismi patogeni, protozoi e metazoi, si possono ritrovare nelle acque inquinate, generando malattie parassitarie quali l'ascariidiosi, l'echinococcosi e la dissenteria amebica.

I batteri sono generalmente non persistenti poiché tendono a morire poco tempo dopo aver abbandonato il corpo umano.

Per quanto riguarda i virus, sembra purtroppo che alcuni di essi siano molto più resistenti ai disinfettanti e che vivano molto più a lungo dopo aver abbandonato il corpo umano.

4. - Cenni sui principali effetti dell'inquinamento idrico in relazione alle maggiori utilizzazioni.

Le conseguenze dell'inquinamento si riflettono negativamente sia sulla conservazione del corpo idrico naturale, nelle sue caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche e quindi anche estetiche, sia sulla possibilità di impiego e quindi sul costo di utilizzazione dell'acqua per scopi

diversi, ricreativi e turistici, domestici, industriali, agricoli e per la navigazione.

Nella pratica corrente, le acque di migliore qualità, per lo più sorgive e batteriologicamente pure, vengono riservate all'approvvigionamento potabile (tabella I in appendice), per il quale vengono utilizzate tal quali o previo prudenziale e leggero trattamento disinfettante. Ma l'aumento dei consumi, determinato soprattutto dal fatto che gli acquedotti urbani trasportano anche acqua destinata ad impieghi non potabili, ha fatto sì che le acque sorgive siano largamente insufficienti a soddisfare i fabbisogni. Si è dovuto pertanto sempre più ricorrere ad acque sotterranee, prelevate con pozzi, e ad acque superficiali, le prime di solito solo marginalmente investite dall'inquinamento, le seconde invece a volte anche in modo massiccio. Ora, date le caratteristiche igieniche e organolettiche che un'acqua potabile deve avere, si capisce come l'inquinamento possa rendere un'acqua per fini potabili totalmente inutilizzabile oppure utilizzabile solo dopo costosi e complessi trattamenti di depurazione.

I requisiti di qualità per un'acqua industriale (tabella II in appendice) sono molto diversi a seconda del particolare impiego, che può essere per raffreddamento, per produzione di vapore o per intervento diretto nel processo; conseguentemente, diversi sono gli effetti dell'inquinamento.

Un'acqua può essere resa inutilizzabile a scopi irrigui (tabella III in appendice) quando se ne aumenta eccessivamente la salinità, in quanto il sale si concentra nel terreno e nelle piante a causa della evapotraspirazione. Particolarmente dannosa risulta la presenza di boro, oltre certe concentrazioni questo elemento che a piccolissime concentrazioni (inferiori a 0,3 mg/l) è indispensabile alle piante, a concentrazioni superiori (maggiori di 4 mg/l) diventa tossico al punto da causare danni irreparabili ai raccolti.

L'inquinamento può poi apportare al terreno, tramite le acque di irrigazione, materiali che possono interferire con la sua respirazione come idrocarburi, grassi e schiume. È ovvio che un'acqua per irrigazione non debba essere né troppo acida né troppo basica, in modo da non modificare le caratteristiche chimiche del terreno, e non deve contenere composti tossici superiori a certe concentrazioni limiti che si aggirano intorno ad 1 mg/l. Il terreno può funzionare poi da tramite per il passaggio di certe sostanze dall'acqua agli animali e all'uomo, mentre certi prodotti vegetali possono acquisire, in ragione dell'inquinamento, scadimento della qualità e sapore sgradevole.

Anche l'acqua usata per l'abbeveraggio del bestiame deve rispondere a particolari requisiti di qualità.

In questi ultimi anni importanti offese sta ricevendo anche il mare, il cui principale inquinamento ha origine da terra, attraverso l'apporto

dei corsi d'acqua e degli scarichi diretti delle industrie e delle città rivierasche, e, nel mare stesso, delle navi, particolarmente da quelle addette al trasporto di petrolio grezzo o di sue frazioni, che con incivile diffuso costume scaricano nel mare le acque di lavaggio delle loro tanche. Le ripercussioni dell'inquinamento marino si hanno sulla fauna, (mitili, ecc.) come visto per le acque dolci, nonché, dal punto di vista estetico ed igienico, sul turismo e le attività ricreative (balneazione, sports acquatici, ecc.).

Sono cronaca frequente di questi ultimi anni incidenti a petroliere e a depositi costieri che perdono in mare il loro micidiale carico. Sono fatti che colpiscono particolarmente la pubblica opinione, ma le conseguenze di tali eventi sono in effetti circoscritte e molto inferiori a quelle degli inquinamenti meno intensi, ma continui, prodotti dagli stabilimenti costieri e dalle petroliere. A nessuno è certamente sfuggito il cambiamento di colore del mare lungo le coste, la iridescenza della sua superficie e i neri depositi catramosi sugli scogli e le sabbie del nostro Paese.

5. - Il controllo dell'inquinamento.

Considerati i crescenti fabbisogni e i danni che l'inquinamento provoca e la intensificazione e maggior diffusione di esso, si comprende come la disponibilità di acqua di caratteristiche adeguate possa costituire un elemento a volte determinante per la realizzazione di piani di sviluppo industriale, urbano e sociale. Di qui l'esigenza di una efficace azione di controllo dell'inquinamento, esercitata nell'ambito di una coordinata amministrazione delle acque a livello di unità idrograficamente definite. Il problema non può più essere affrontato soltanto in termini di protezione dell'igiene pubblica, ma con una impostazione più generale che, partendo dall'osservazione della situazione esistente, corretta dove l'acqua venga sprecata o inquinata, assicuri l'armonizzato soddisfacimento dei fabbisogni delle attività programmate, considerate le esigenze di qualità di ciascun utilizzatore, nonché quelle di conservazione del patrimonio naturale.

Il controllo dell'inquinamento è perciò un'azione particolarmente complessa negli aspetti tecnici, organizzativi ed economici.

Dal punto di vista tecnico devono essere disponibili economici processi di epurazione delle acque di scarico; dal punto di vista organizzativo, occorre disporre di organi tecnici ed amministrativi pubblici che svolgano una efficace azione di controllo, garantendo l'osservanza delle leggi e dei regolamenti. Dal punto di vista economico, infine, l'azione di controllo e di conservazione deve portare al risultato migliore nell'interesse della collettività.

Per controllare la qualità dei corpi idrici nei quali le acque di scarico vengono sversate esistono due possibilità: la diluizione o il trattamento preventivo degli scarichi.

Il fattore diluizione è evidentemente subordinato alla disponibilità di adeguate portate di acqua nel corpo idrico.

Diluzioni maggiori di quelle offerte dal regime naturale del corpo idrico possono essere ottenute variando l'andamento delle portate del corpo d'acqua e degli scarichi. Per entrambi i casi occorrono adeguate capacità di immagazzinamento, ottenibili rispettivamente con serbatoi artificiali per l'acqua (invasi) costruiti a monte con depositi per gli scarichi. Operando questo tipo d'intervento è possibile aumentare la portata del corso idrico nel periodo di magra consentendo un maggior grado di diluizione per le acque di scarico. Viceversa nei periodi di piena sarà possibile smaltire le acque di scarico raccolte negli invasi durante i periodi di magra.

Sistemi di questo tipo sono di complessa attuazione pratica per i vincoli che essi impongono al regime delle portate del corso d'acqua, vincoli normalmente già fissati per numerose altre utilizzazioni dello stesso corpo idrico. Ciò conferma quanto già detto circa l'interdipendenza tra controllo della qualità delle acque e loro utilizzazione a scopi diversi.

Attualmente, la situazione in cui si trovano le acque superficiali del nostro Paese è già così compromessa dai prelievi e dagli inquinamenti che ben poco conto si può fare sulle possibilità di diluizione per gli scarichi tipo industriale e di depurazione naturale per gli scarichi di sostanze organiche, tanto più in quanto la coesistenza dei due tipi di scarico fa sì che le sostanze tossiche dei primi inibiscano i processi biochimici di mineralizzazione dei secondi.

Si rende pertanto necessario il ricorso al trattamento degli scarichi, sia urbani che industriali. Da un punto di vista puramente tecnico, i processi di trattamento oggi disponibili possono depurare qualsiasi scarico fino ad ottenere acqua completamente pura (tabella 4 e 5 in appendice). I processi basati sull'evaporazione, sull'adsorbimento e sull'ultrafiltrazione consentono infatti di eliminare anche la maggior parte delle sostanze disciolte. Ciò è evidentemente molto costoso e perciò solo raramente giustificato, per cui il trattamento degli scarichi deve essere spinto fino al punto cui corrisponde il miglior compromesso economico tra il costo del trattamento stesso e l'esigenza di non compromettere la qualità del corpo idrico recipiente e dell'ambiente circostante.

Dal punto di vista organizzativo il problema dell'inquinamento delle acque, per la complessità e la nociva influenza su numerosi settori delle attività umane, richiede un'azione di prevenzione e controllo a livello di pubbliche responsabilità, coordinata con i piani di utilizzazione delle acque e di sviluppo generale di un bacino idrico, di una provincia e di una regione.

L'efficacia di tale azione deve essere garantita attraverso l'armonico intervento di tutte le amministrazioni interessate ai diversi settori colpiti dall'inquinamento, dalla salute pubblica all'industria, dalle acque al paesaggio, dall'agricoltura al turismo e alle attività ricreative.

Secondo una visione moderna del problema, l'armonizzazione degli interventi, è da trovarsi mediante la creazione di autorità periferiche preposte alla gestione delle acque nei diversi bacini idrici e coordinate da una autorità centrale. Presso tali organismi centrali e periferici, dovrebbero essere rappresentate le amministrazioni indicate, le associazioni di quelle categorie che causano e che subiscono l'inquinamento e le necessarie competenze tecniche e scientifiche, dalla chimica all'ingegneria, dall'igiene all'idrobiologia, dall'agronomia all'urbanistica e alla programmazione.

La qualità dei corpi idrici dovrebbe essere costantemente sottoposta ai necessari accertamenti e tra i diversi inquinatori dovrebbe essere equamente ripartito il carico inquinante e il costo della sua depurazione, con l'ausilio dei necessari incentivi fiscali e finanziari.

Tali criteri sono recepiti in un buon numero di legislazioni straniere e in parte anche in uno schema di disegno di legge recentemente presentato al Parlamento italiano.

Dal punto di vista economico abbastanza ovvi sono i benefici che dal controllo dell'inquinamento derivano per l'igiene pubblica e per il paesaggio. Anche se ad essi è difficile attribuire valori monetari definiti, è certo che tali valori sono grandissimi e che la conservazione dell'una e dell'altro obbedisce a un imperativo di indiscutibile interesse nazionale.

Numerosi sono anche i vantaggi indiretti che conseguono alla prevenzione dell'inquinamento delle acque. Per citarne alcuni, possiamo dire che il valore dei terreni è maggiore se in essi sono disponibili acque la cui quantità consenta sviluppi intensivi di tipo agricolo, urbano o industriale; l'insediamento di nuovi stabilimenti industriali è accompagnato dall'insediamento di industrie ancillari che producono un ulteriore aumento della occupazione e quindi un maggior benessere per la popolazione; i fiumi sono più pescosi e forniscono maggiori quantità di cibo, mentre su di essi si insediano attività ricreative; diminuiscono i costi causati dalle malattie di origine idrica.

L'esatto significato economico di questi benefici è anche esso di difficile determinazione generale, ma può essere stimato con buona approssimazione localmente.

La prevenzione dell'inquinamento determina naturalmente una migliore situazione dei diversi tipi di approvvigionamento idrico. Di conseguenza, l'acqua di uno stesso corpo idrico può essere usata più volte a scopi potabili ed industriali; il prelievo dell'acqua può essere fatto più

vicino, senza dover ricorrere alla costruzione di invasi a monte e di lunghi acquedotti; anche se i serbatoi devono essere costruiti per la regolazione delle portate, il fiume stesso può essere utilizzato come condotta; il costo del trattamento delle acque prima dell'utilizzazione è molto ridotto; è più possibile il ravvenamento di falde scarse di ricarica naturale.

Di fronte ai benefici stanno evidentemente i costi. Indipendentemente dalla scelta del particolare processo di trattamento, che è legata al costo della apparecchiatura e alla sua efficienza, da un punto di vista generale conviene costruire impianti di portata la maggiore possibile, conseguendo così minori costi di trattamento e di installazione. Questa considerazione dovrebbe favorire la costruzione di impianti consortili tra comuni, tra industrie e tra comuni e industrie. Nell'ultimo caso è quasi sempre necessario un pretrattamento dello scarico industriale che ne consenta l'immissione in un impianto in cui vengano trattati anche scarichi urbani, senza dannose interferenze con i processi di trattamento, particolarmente con quelli di tipo biologico.

In appendice si riportano alcuni progetti di interventi pratici per l'abbattimento dell'inquinamento (Torino e Milano).

6. - Cenni alla situazione italiana.

Di fronte alla problematica cui abbiamo fatto cenno, quale è la situazione del nostro Paese?

La risposta non è, purtroppo, molto tranquillizzante. L'industria si è sviluppata, la popolazione delle città o vertiginosamente aumentata senza che alcun efficace provvedimento sia stato assunto per costruire impianti, con il risultato che le acque di scarico vengono sversate disordinatamente e irresponsabilmente da agglomerati urbani e industrie nei fiumi, nei laghi e nel mare, compromettendo gravemente la qualità. Per quanto riguarda il trattamento degli scarichi urbani è risultato da una recente indagine che solo il 6% della popolazione italiana è servita da un impianto di trattamento di tipo principalmente primario, di cui non si conosce il grado di efficienza. La situazione è ulteriormente aggravata da altrettanto disordine e irrazionalità nei prelievi, la cui entità è superiore a quella che le moderne tecnologie e i sistemi di utilizzazione a scopo multiplo consentirebbero, e dalla diffusione irrazionale dell'impiego dei fertilizzanti e dei pesticidi in agricoltura.

Come risulta da una stima recentemente fatta del carico inquinante sversato nelle diverse regioni del Paese, e dai risultati di un certo numero di indagini sperimentali, la qualità di buona parte dei corpi d'acqua superficiali è tale che dalle regolamentazioni vigenti in alcuni Paesi stra-

nieri essi sarebbero considerati scadenti. Alcuni esempi eclatanti ricorrono frequentemente nelle cronache e sono oggetto di pressanti proteste il lago d'Orta, l'Olona, il Lambro, il Seveso, il Reno, la Bormida, il Ronco ed altri, autentiche fogne di scarichi urbani e industriali. Seria è la situazione di fiumi e laghi più importanti, come l'Arno e il Tevere, il lago di Varese e quello Maggiore, i primi attraversanti grossi agglomerati cittadini come Firenze e Roma, i secondi mete turistiche un tempo ambite. Non migliore la situazione della laguna di Venezia, il cui inquinamento è da ascrivere tra le concomitanti cause del suo deperimento. Anche fiumi più grossi e tra essi il maggiore, il Po, sono a tratti gravemente inquinati e solo la grande portata e la lunghezza gli restituiscono una accettabile qualità attraverso i processi di autodepurazione.

Si è già detto del mare, il cui colore e la cui trasparenza sono veramente cambiati in questi ultimi anni per effetto degli scarichi urbani e industriali, degli insediamenti rivieraschi e per la presenza di sostanze oleose e catramose provenienti anche dai natanti, particolarmente dalle petroliere. Un'indagine, i cui risultati sono stati recentemente resi noti, ha messo in luce addirittura pericoli igienici connessi con la balneazione.

Sono stati denunciati anche casi di inquinamenti di falde sotterranee, particolarmente pericolosi in quanto reversibili solo molto lentamente. È noto tra questi il caso della falda milanese, dove molti pozzi sono stati chiusi in quanto l'acqua emunta conteneva in percentuali pericolose sali di cromo provenienti dagli scarichi di industrie galvaniche.

Nella Puglia, zona notoriamente priva di risorse idriche superficiali e le cui uniche risorse locali sono rappresentate da una falda di tipo carsico, gli eccessivi emungimenti hanno determinato un innalzamento del fronte salino, per cui il tenore in sale è andato progressivamente e diffusamente aumentando, rendendo l'acqua sempre più inutilizzabile.

Prescindendo dai casi più acuti, che hanno portato a vere e proprie crisi idriche ed economiche, va detto che l'inquinamento diffuso ha portato a conseguenze gravi per il nostro Paese e non solo dal punto di vista della distruzione del patrimonio naturale.

Secondo una stima fatta in ambiente responsabile, decine di migliaia di decessi all'anno sono attribuibili all'inquinamento dell'aria e dell'acqua. Per effetto dell'inquinamento aumenta il costo della assistenza sanitaria, e viene anche danneggiato il patrimonio artistico (valga tra tutti, in questo campo, l'esempio di Venezia). L'agricoltura soffre e per la minor efficacia dell'irrigazione effettuata con acque debolmente inquinate e per l'impossibilità di utilizzare a tale scopo acque molto inquinate, non essendo sopportabile in questo settore il costo del trattamento; la pescosità di fiumi, laghi e mare costiero ha subito drastiche riduzioni. L'inquinamento investe anche le attività ricreative, con i riflessi sociali connessi con l'im-

piego del tempo libero. Particolarmente danneggiate le località di villeggiatura, che dal turismo spesso traggono la loro unica fonte di sostentamento. Considerato il sempre maggior ricorso alle acque superficiali, città e industrie sono costrette a sopportare costi crescenti per il trattamento delle acque prelevate. Sono un indice di tale incremento di costi, il sempre maggior numero di impianti di trattamento installati e il crescente consumo specifico di reagenti (particolarmente calce, allume, cloruro ferrico, cloro, biossido di cloro, ecc.).

Per le stesse ragioni si assiste anche ad un deprezzamento di terreni ed immobili situati in località inquinate e perciò non più ideali come zone residenziali o turistiche. Tale deprezzamento assume valori particolarmente gravi quando l'inquinamento rende praticamente impossibile qualsiasi insediamento, anche intensivo o industriale. Sotto questo punto di vista, la situazione è a volte ulteriormente compromessa da concomitanti fenomeni di inquinamento d'altro genere, come quelli dell'aria, del suolo e da rumore.

7. - Conclusioni e raccomandazioni.

Per la soluzione di tanto complesso problema sono necessari dunque interventi di natura diversa. Da un punto di vista generale occorre prevedere le richieste di acqua dei diversi settori entro un arco di tempo sufficientemente lungo, esaminare le possibilità di impiego multiplo della stessa acqua, identificare le risorse disponibili, pianificarne l'impiego adeguatamente.

Da un punto di vista pratico occorre diminuire i consumi specifici ricorrendo alle tecniche di impiego più moderno e razionale, particolarmente in industria e in agricoltura.

La pianificazione dell'impiego delle risorse superficiali deve tener conto, oltre delle esigenze dell'industria, dell'agricoltura e della popolazione, di quelle di natura estetica e ricreativa, nonché delle necessità di diluizione e purificazione naturale degli scarichi. La diluizione deve essere tanto maggiore quanto peggiore è la qualità degli scarichi, per cui, quando la quantità e la qualità degli scarichi sono tali da superare le capacità autodepurative del corpo idrico recipiente, è necessario ricorrere al trattamento.

Appare pertanto utile raccogliere gli scarichi in una opportuna rete fognaria che li convogli verso un recipiente finale prescelto, nel quale scaricarli eventualmente dopo trattamento. Evidentemente, tale trattamento deve essere fatto o meno e, nel caso positivo, in misura più o meno spinta, a seconda della qualità che si vuole conservare al corpo idrico recipiente.

Ciò comporta un altro aspetto fondamentale della pianificazione delle risorse idriche che è la classificazione delle stesse in funzione della loro destinazione.

La scelta di tale destinazione comporta una decisione basata su elementi molto complessi e contrastanti, che vanno dall'esigenza naturalistica di conservare il paesaggio a quella di soddisfare attività commerciali, industriali e ricreative che pongono requisiti diversi all'utilizzazione dello stesso corpo idrico. Appare così evidente come spesso non sia facile arrivare ad una valutazione economica del complesso problema. Perciò, come accade quando è in gioco la destinazione di un patrimonio naturale e sono da valutare aspetti sociali eventualmente contrastanti con altri di natura strettamente economica, la decisione deve essere presa anche nel rispetto dei valori apparentemente meno concreti.

APPENDICE

ESEMPI DI INTERVENTI PER LA CORREZIONE DELLE CARATTERISTICHE DI ACQUE COLPITE DA INQUINAMENTI

I. - Esempio riguardante la città di Torino.

CASO A.

1. Impianto: potabilizzazione dal fiume Po.
2. Portata da trattare: 1.000 l/sec.
3. Inquinamento da:
 - 3.1. - fenoli, accidentale saltuario;
 - 3.2. - peggioramento caratteristiche organiche (detergenti, ecc.).
4. Origine dell'inquinamento:
 - per 3.1. (fenolo): scarico saltuario industriale,
(LIRI, Nichelino, produzione resine fenoliche);
 - per altri comp. organici: peggioramento qualità per aumento scarichi civili e industriali a monte, senza depurazione.
5. Tipo del trattamento: filtrazione su carbone attivo granulare.
6. Capitale da investire: circa L. 213.000.000.
7. Produzione annua: m³ 25.000.000.
8. Costo totale annuo di esercizio: circa L. 80.000.000.
9. Costo specifico totale del trattamento: L. 3,20/m³.

CASO B.

1. Impianto: da pozzi in Torino, Reg. San Paolo.
2. Portata da trattare: 120 l/sec.
3. Inquinamento da: cromo esavalente, oltre ai limiti suggeriti dall'O. M. S.
4. Origine dell'inquinamento: diffusi disperdimenti nel sottosuolo da parte di piccole e medie industrie di galvanoplastica ad ovest di Torino.
5. Tipo del trattamento: scambio ionico su resine anioniche deboli.
6. Capitale da investire: circa L. 109.200.000.

7. Produzione annua: m^3 2.100.000.
8. Costo totale annuo di esercizio: circa L. 42.944.000.
9. Costo specifico totale del trattamento: L. 20,45/ m^3 .

CASO C.

1. Impianto: da pozzi in Borgaro Torinese.
2. Portata da trattare: 250 l/sec.
3. Inquinamento da: sostanze organiche in tracce con conseguenze esclusivamente organolettiche (sapore e odore).
4. Origine dell'inquinamento: scarichi industriali nel greto del torrente Stura a monte dell'impianto, diffusi e probabilmente provenienti da industrie chimiche.
5. Tipo del trattamento: filtrazione su carbone attivo.
6. Capitale da investire: L. 84.910.000.
7. Produzione annua: m^3 8.000.000.
8. Costo totale annuo di esercizio: L. 17.161.000.
9. Costo specifico totale del trattamento: L. 2,14/ m^3 .

CASO D.

1. Impianto: da pozzi in Torino, Borgata Verna.
2. Portata da trattare: 170 l/sec.
3. Inquinamento da: ammoniaca, detergenti, sostanze organiche odorigene e saporigene (oltre ferro e manganese).
4. Origine dell'inquinamento: infiltrazioni da scarichi civili e industriali in zona di rapida urbanizzazione, non completamente dotata di fognature adeguate (pozzi neri ancora diffusi).
5. Tipo del trattamento: superclorazione e ossidazione a biossido di cloro seguita da filtrazione doppia su carbone attivo granulare.
6. Capitale da investire: circa L. 123.400.000.
7. Produzione annua: m^3 7.000.000.
8. Costo totale annuo di esercizio: circa L. 41.195.000.
9. Costo specifico totale del trattamento: L. 5,9/ m^3 .

Conclusione.

I casi descritti in A, B, C, D comprendono alcune manifestazioni di inquinamenti di origine umana (civile e industriale) finora riscontrate nell'Acquedotto di Torino.

Per ovviare a tutti gli inconvenienti sopradescritti, le opere progettate e attualmente in corso di attuazione comportano un onere finanziario globale di circa L. 530.500.000, con una incidenza economica annua, comprensiva degli oneri di ammortamento e interesse di L. 181.000.000.

Inoltre si pone in evidenza che l'impianto di trattamento del fiume Po, previsto dal P.R.G.A., sarà quadruplicato entro l'anno 1973, passando dagli

attuali 1.000 l/sec. ai futuri 4.000 l/sec. Di conseguenza gli oneri finanziari e i costi economici di esercizio per le necessità del trattamento descritto in A, si ripercuoteranno analogamente sul nuovo costruendo impianto, fino a portare gli investimenti totali contro gli inquinamenti a circa L. 1.150.000.000 e i costi economici annui, sempre per detto scopo, a circa L. 400.000.000.

II. - Esempio riguardante la città di Milano.

ACQUEDOTTO MUNICIPALE DI MILANO.

L'Acquedotto di Milano trae il suo approvvigionamento dalla falda idrica del sottosuolo.

L'Acquedotto dispone di 36 impianti di sollevamento alimentati complessivamente da n. 480 pozzi. Ciascuno impianto è provvisto di una vasca di raccolta nella quale l'acqua emunata dai diversi pozzi viene miscelata. L'acquedotto dispone inoltre di n. 80 pozzi autonomi immittenti direttamente in rete. Il numero complessivo dei pozzi in attività è pertanto di 560. La profondità dei pozzi varia dai 40 ai 120 m.

Nel 1968 l'acqua complessivamente pompata dal sottosuolo dall'Acquedotto Comunale è risultata pari a m³ 327.894.000, corrispondente ad una portata di 10.400 l/sec.

L'inquinamento da cromo esavalente della falda di Milano fu evidenziato, per la prima volta, nel 1963, data di inizio di un controllo sistematico, da parte dell'Ufficio di Igiene, del tenore di cromo nelle acque del sottosuolo.

I pozzi definitivamente abbandonati in quanto ritenuti assolutamente non utilizzabili per il loro alto tenore di cromo sono 70. Altri 120 pozzi sono sotto controllo in quanto inquinati in varia misura. 11 di questi presentano un tenore di cromo esavalente superiore a 0,05 mg/litro (50).

L'inquinamento più significativo è stato riscontrato nella zona EST della città, in una larga fascia che va da Nord a Sud.

VALUTAZIONE DEL DANNO PRODOTTO DALL'INQUINAMENTO.

Il costo di un pozzo, completo dei relativi accessori, è mediamente pari a L. 15.000.000. Il danno economico dell'acquedotto di Milano può pertanto essere così valutato:

$$70 \times 15.000.000 = 1.050.000.000$$

mentre quello temuto per i 120 pozzi attualmente sotto controllo, al fine di stabilire il loro abbandono definitivo o meno, può prevedersi in lire:

$$120 \times 15.000.000 = 1.800.000.000.$$

TABELLA I.

Criteri di qualità per acque potabili.

Costituenti o caratteristiche	Limiti di concentrazione raccomandati	Limiti massimi di concentrazione consentiti
<i>Batteriologiche:</i>		
batteri coliformi per 100 ml . . .	50	—
coliformi fecali per 100 ml	1	—
<i>Fisiche:</i>		
sapore e odore	gradevoli	gradevoli
colore	15 unità	—
torbidità	5 unità	—
<i>Chimici inorganici:</i>		
ammoniaca (come N)	0,5 mg/l	—
arsenico	0,01 »	0,05 mg/l
bario	—	1,0 »
boro	1,0 mg/l	—
cadmio	—	0,01 mg/l
calcio	75,0 mg/l	—
cloruri	250,0 »	—
cianuri	0,01 »	0,2 mg/l
cromo (VI)	—	0,05 »
ferro	0,3 mg/l	—
magnesio	60,0 »	150,0 mg/l
manganese	0,05 »	—
ossigeno disciolto (minimo)	5,0 »	—
pH (intervallo)	6-8,5 »	—
piombo	—	0,05 mg/l
rame	0,05 mg/l	1,0 »
selenio	—	0,01 »
solidi totali disciolti	500,0 mg/l	—
solfati	250,0 »	—
zinco	5,0 »	—
<i>Chimici organici:</i>		
estratto cloroformico da carbone (CCE) ⁽¹⁾	0,15 mg/l	—
fenoli	0,001 »	—
oli e grassi	praticam. assenti	—
tensioattivi anionici di sintesi (MBAS) ⁽²⁾	0,5 mg/l	—

⁽¹⁾ Carbon chloroform extract.⁽²⁾ Sostanze attive al blu di metilene.

TABELLA II.

Qualità di acque per uso industriale.

Industrie	Torbidità mg/l	Colore	Durezza come CaCO ₃ mg/l	Fe mg/l	M. mg/l	Solidi totali mg/l	Alcalinità come mg/l CaCO ₃	Odore	H ₂ S mg/l	Altri requisiti
Cibi cotti al forno	10	10	—	0,2	0,2	—	—	basso	0,2	potabile
Fabbr. birra chiara	10	—	—	0,1	0,1	500	75	basso	0,2	potabile
Fabbr. birra scura	10	—	—	0,1	0,1	1000	150	basso	0,2	potabile
Conserviera - Legumi	10	—	25-75	0,2	0,2	—	—	basso	1	potabile
Conserviera - Altri cibi	10	—	—	0,2	0,2	—	—	basso	1	potabile
Bevande gassate	2	10	250	0,2	0,2	—	—	basso	1	potabile
Distillerie, gin, alcool	10	—	—	0,1	0,1	1000	150	basso	0,2	potabile
Distillerie, whisky	10	—	—	0,1	0,1	1000	150	basso	0,2	potabile
Distillerie - Per mescolanza	—	—	—	—	—	—	—	—	—	acqua distill.
Alimenti, in generale	10	—	—	0,2	0,2	—	—	basso	—	potabile
Ghiaccio	5	5	—	0,2	0,2	170	—	basso	—	potabile
Lavanderie	—	—	50	0,2	0,2	—	—	—	—	—
Plastica chiara, poco colo- rata	2	2	—	0,02	0,02	200	—	—	—	—
Carta, pasta legno	50	200	180	1,0	0,5	—	—	—	—	—
Carta, pasta Kraft	25	15	100	0,2	0,1	300	—	—	—	—
Carta, soda e solfito	15	10	100	0,1	0,05	200	—	—	—	—
Carta leggera	5	5	50	0,1	0,05	200	—	—	—	—
Rayon, produzione pasta	5	5	8	0,05	0,03	100	—	—	—	—
Rayon, filato	0,3	—	55	0,0	0,0	—	—	—	—	—
Concerie	20	10-100	50-135	0,2	0,2	—	—	—	—	—
Tessili - generiche	5	20	—	0,25	0,25	—	—	—	—	—
Tessili - tintorie	5	5-20	—	0,25	0,25	200	—	—	—	composizione costante
Sgrassatura lana	—	70	1,0	1,0	—	—	—	—	—	—
Filatura cotone	5	5	2,0	0,2	—	—	—	—	—	—

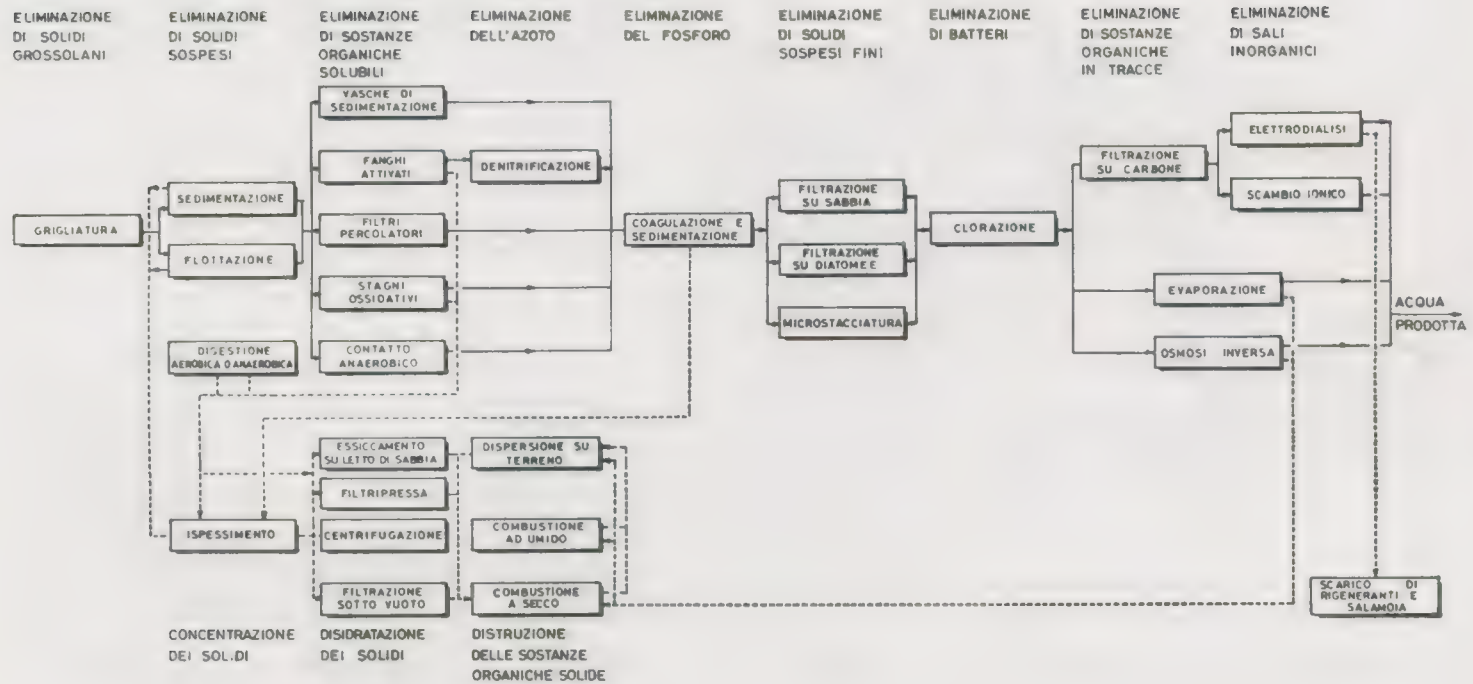
TABELLA III.
Qualità di acque per uso irriguo.

Classi	Na (%) ⁽¹⁾ meq/l	Boro mg/l	Conducibilità specifica µmho/cm	Solidi totali mg/l	Cloruri mg/l	Solfati mg/l
CLASSE I, da eccellente a buona, utilizzabile nella maggior parte delle condizioni	< 30 - 60	< 0,5	500 - 1000	0 - 700	70 - 190	192 - 430
CLASSE II, da buona a dannosa, o nociva ad alcune piante in certe condizioni	30 - 75	0,5 - 2,0	500 - 3000	350 - 2100	70 - 560	430 - 960
CLASSE III, da dannosa ad insoddisfacente o pericolosa alla maggior parte delle piante sotto molteplici condizioni	> 70 - 75	> 2,0	> 2500 - 3000	> 1750 - 2100	> 210 - 560	> 576 - 960

$$^{(1)} \text{ Na (\%)} = \frac{\text{Na} \cdot 100}{\text{Na} + \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}} .$$

TABELLA IV.

Schemi di trattamenti di acque di scarico urbane.

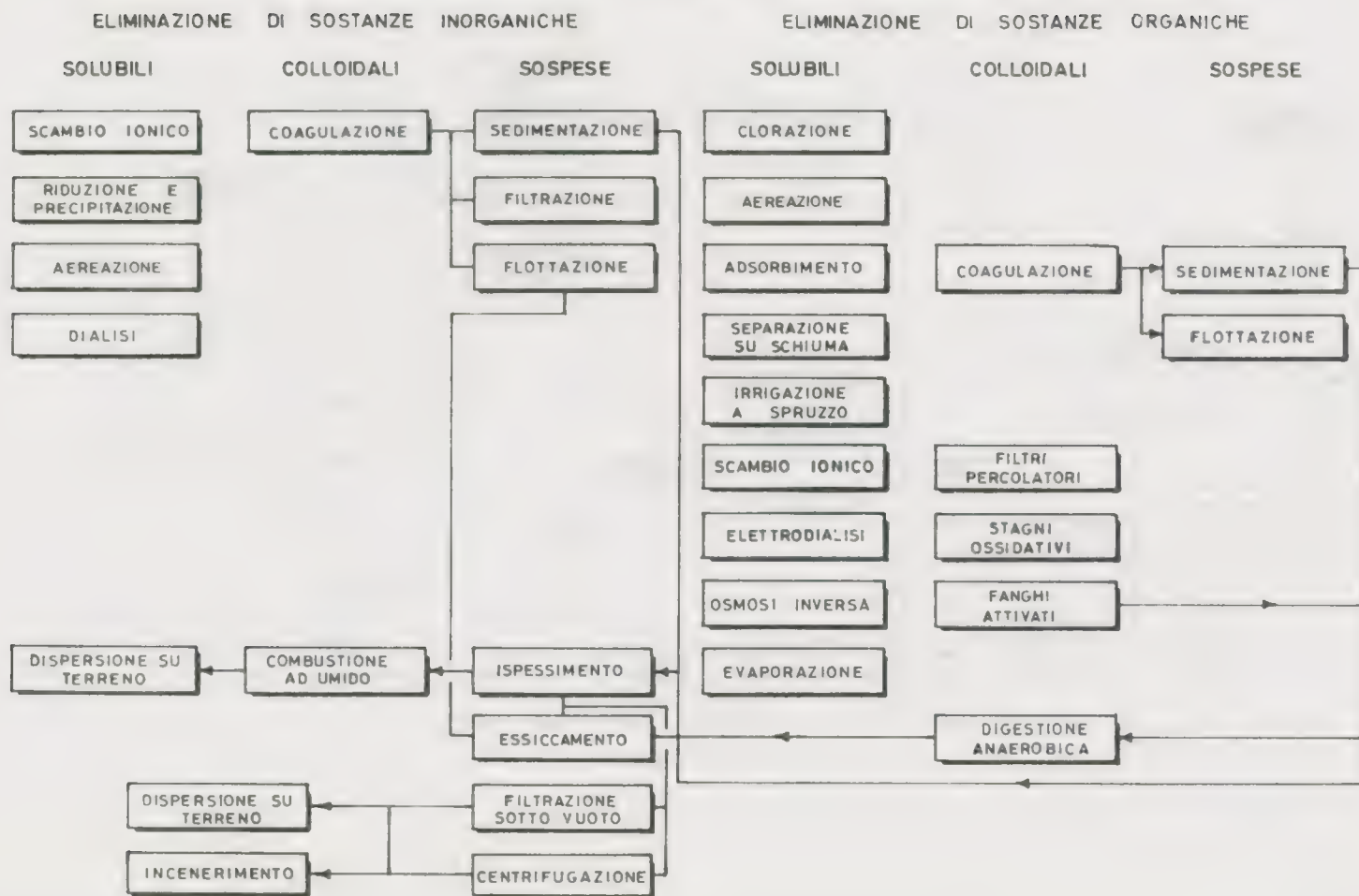


L'APPROVVIGIONAMENTO IDRICO, ECC.

TABELLA V.

Schemi di trattamenti di acque di scarico industriali.

310



ROBERTO PASSINO

SALUTO DEL VICEPRESIDENTE
DELL'ACCADEMIA DELLE SCIENZE DI TORINO,
PROF. FRANCESCO TRICOMI

Quale Vicepresidente dell'Accademia sono incaricato dal nostro illustre Presidente, Prof. A. Guzzo di dare il commiato ai Colleghi qui convenuti per la celebrazione del centenario del primo traforo attraverso le Alpi e la trattazione di alcuni problemi attuali più o meno direttamente connessi con quello.

Credo che, senza falsa modestia, la commemorazione da noi compiuta possa designarsi come esemplare, perché non si è limitata alla mera esaltazione di una grande opera del passato, ma ha preso le mosse da quella per discutere alcuni problemi di viva attualità. Da tal punto di vista mi sembra emblematica la visita che abbiamo fatto ieri l'altro a Bardonecchia e Modane, in cui, più che rievocare la costruzione dell'ormai centenario tunnel ferroviario ed ammirarne il primitivo portale monumentale dal lato nord, abbiamo ispezionato il luogo dove dovrà avere inizio la, si spera imminente, costruzione del nuovo tunnel stradale del Fréjus e i moderni impianti dell'importante stazione ferroviaria internazionale di Modane.

Queste ciclopiche opere ingegneresche — effettuate o da effettuare — mettono, fra l'altro, in luce la capacità acquistata dall'*homo sapiens* di modificare in modo non trascurabile l'ambiente naturale in cui è destinato a vivere. Ciò apre innumerevoli possibilità benefiche per l'umanità ma anche alcune malefiche, quale il crescente inquinamento dell'atmosfera e delle acque, che ha formato il principale argomento della seconda parte del nostro Convegno. E ne sono scaturiti vari moniti che vogliamo sperare non cadano completamente nel vuoto.

Nel ringraziare nuovamente, a nome della quasi bicentenaria Accademia delle Scienze di Torino, i relatori, i partecipanti tutti e tutti coloro che hanno contribuito alla nostra iniziativa, dichiaro chiuso il Convegno commemorativo del primo centenario del traforo ferroviario del Fréjus.

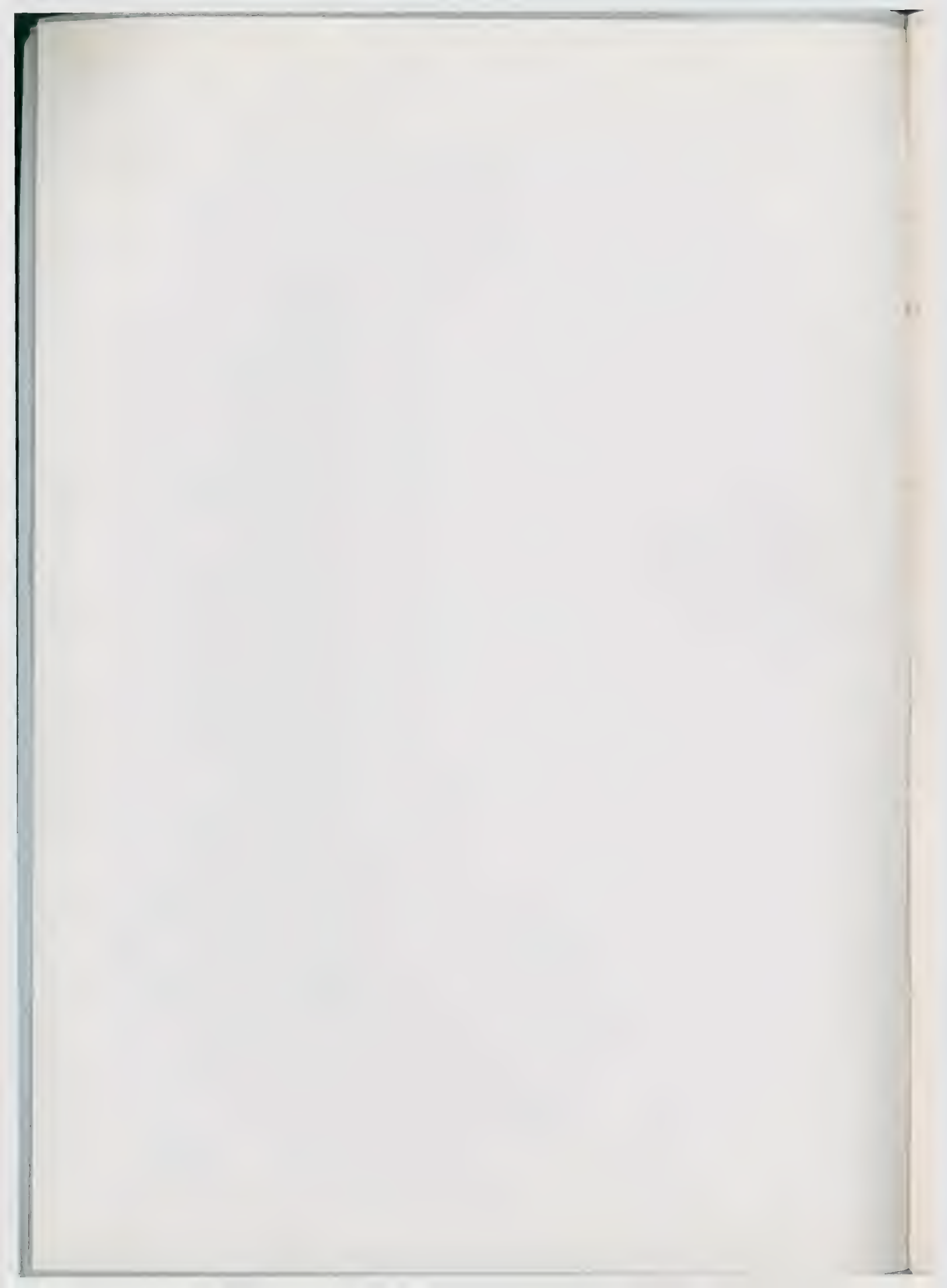
INDICE

	<i>Pagine</i>
AUGUSTO GUZZO, <i>Saluto del Presidente dell'Accademia delle Scienze di Torino</i>	5-8
GIULIO GUDERZO, <i>La politica dei trafori e la scelta del Fréjus nel programma di sviluppo della Padania subalpina</i>	9-27
VALERIO CASTRONOVO, <i>Dal Fréjus al Gottardo e al Sempione: sviluppo economico dell'Italia Settentrionale e dislocazione degli scambi nell'area europea</i>	29-37
GIUSEPPE GROSSO, <i>L'importanza delle grandi vie di comunicazione per lo sviluppo tecnologico ed economico. (Relazione introduttiva)</i>	39-47
VITTORIO ZIGNOLI, <i>Le grandi vie di comunicazione e lo sviluppo tecnologico</i>	49-69
ANGELO DETRAGIACHE, <i>Le grandi vie di comunicazione e lo sviluppo socio-economico</i>	71-79
SIRO LOMBARDINI, <i>Le connessioni economiche tra il Piemonte e le regioni sud-orientali della Francia nel contesto europeo</i>	81-92
<i>Risposta del prof. Lombardini all'intervento del prof. Mortarino</i>	93-95
LOUIS REBOUD, <i>Importance économique des voies de communication dans la région Franco-Italienne des Alpes du Nord</i>	97-118
DINO GRIBAUDI, <i>I trafori alpini ed i rapporti fra Piemonte e Svizzera</i> . .	119-131
<i>Intervento del prof. Grosso e sua risposta al prof. Carducci</i>	133-134
PAUL GUICHONNET, <i>L'influence économique des percées alpines. Le cas du Mont-Blanc</i>	135-144
<i>Intervento del prof. Grosso</i>	145

* * *

ARNALDO M. ANGELINI, <i>Disponibilità e fabbisogni di fonti primarie e di energia elettrica</i>	147-187
<i>Risposta del prof. Angelini all'intervento del prof. Ferrari</i>	189-192
MARIO SILVESTRI, <i>L'energia nucleare sulla soglia degli anni '70</i>	193-200
<i>Risposta del prof. Silvestri all'intervento del prof. Ferrari</i>	201-203
JAMES F. FAY, <i>An appraisal of air pollution control programs in the U.S.</i>	205-214

	Pagine
CESARE CODEGONE, <i>Contaminazione dell'aria prodotta nell'area urbana da impianti termici</i>	215-225
JAMES C. KECK, <i>Mechanism of air pollutant formation in internal combustion engines</i>	227-249
DAVID P. HOULT, <i>Aerodynamics of plumes</i>	251-265
RONALD F. PROBSTEN, <i>Desalination and water purification: some needs and problems</i>	267-287
ROBERTO PASSINO, <i>L'approvvigionamento idrico ed il controllo dell'inquinamento delle acque</i>	289-310
FRANCESCO TRICOMI, <i>Saluto del Vicepresidente dell'Accademia delle Scienze di Torino</i>	311



Accademia delle Scienze di Torino

PROBLEMI ATTUALI
CONNESSI CON LO SVILUPPO
TECNOLOGICO ED ECONOMICO
DEL PIEMONTE
E REGIONI LIMITROFE

TRAFORI E GRANDI VIE DI COMUNICAZIONE,
FONTI DI ENERGIA,
DIFESA DELL'AMBIENTE NATURALE

*Atti del Convegno internazionale
promosso dall'Accademia delle Scienze di Torino
a celebrazione del 1° centenario del Traforo del Fréjus*

TORINO, 7-11 SETTEMBRE 1970

TORINO 1971

Accademia delle Scienze di Torino

PROBLEMI ATTUALI
CONNESSI CON LO SVILUPPO
TECNOLOGICO ED ECONOMICO
DEL PIEMONTE
E REGIONI LIMITROFE

TRAFORI E GRANDI VIE DI COMUNICAZIONE,
FONTI DI ENERGIA,
DIFESA DELL'AMBIENTE NATURALE

*Atti del Convegno internazionale
promosso dall'Accademia delle Scienze di Torino
a celebrazione del 1° centenario del Traforo del Fréjus*

TORINO, 7-11 SETTEMBRE 1970

TORINO 1971



VINCENZO BONA - TORINO

(38593)

SALUTO DEL PRESIDENTE
DELL'ACCADEMIA DELLE SCIENZE DI TORINO,
PROF. AUGUSTO GUZZO

Ho anzitutto il gradito dovere di porgere a voi tutti convenuti il saluto dell'Accademia delle Scienze di Torino e il ringraziamento per aver accettato di partecipare al Convegno dell'Accademia promosso anzitutto dal prof. Grosso che tanto s'interessò delle vie di comunicazione piemontesi quando era presidente della Provincia di Torino, e dal prof. Carlo Ferrari, impareggiabile Presidente della nostra Accademia fino al giugno scorso, e ideatore, promotore, e organizzatore del presente Convegno.

I professori Guderzo e Castronovo faranno la *storia* dei trafori che nello scorso secolo fecero degli scambi nell'area europea una cosa nuova. Io accennerò rapidissimamente la *cronaca* dell'impresa di traforo del Fréjus vista dalla nostra Accademia, cioè da queste stesse sale in cui siamo oggi riuniti.

Il Regno di Sardegna comprendeva regioni cisalpine e regioni transalpine: di qua il Piemonte, di là la Savoia. Un cacciatore savoiardo, Giuseppe Médail, pensò a un traforo del Fréjus già nel 1832, e presentò un progetto al Re Carlo Alberto. Ma l'idea cominciò ad apparire realizzabile quando Germano Sommeiller — un ingegnere nato nell'Alta Savoia, poi eletto Accademico della nostra Accademia — inventò un tipo di perforatrice meccanica azionata dall'aria compressa. Con essa si sarebbe potuto tentare il traforo del Fréjus. La cosa fu studiata da due altri ingegneri, Severino Grattoni e Sebastiano Grandis, associatisi a Sommeiller nell'elaborazione del progetto. Cavour lo fece esaminare. Grandi esperimenti furono compiuti sui mezzi proposti per l'esecuzione dell'opera. I risultati furono buoni. Era allora Ministro dei Lavori Pubblici del Regno di Sardegna Pietro Paleòcapa, il grand'uomo la cui mirabile vita fu rievocata in questa sala dal nostro socio Giulio de Marchi. Disse il de Marchi su la parte avuta dal Paleòcapa nella preparazione del traforo:

«... Che l'iniziativa — dopo i primi approcci, sotto Re Carlo Alberto — fosse attivamente ripresa nella seconda metà del 1849, subito

dopo la disastrosa conclusione della guerra con l'Austria, ci sembra una tale dimostrazione di consapevole fiducia nell'avvenire del piccolo paese, che a tanti anni di distanza lascia profondamente ammirati. E fu proprio il Paleòcapa che, chiamato a presiedere la commissione appositamente nominata, con una relazione del 20 ottobre di quell'anno — 1849 — discusse ed approvò il progetto dell'opera: le difficoltà del momento non consentirono di passare immediatamente all'esecuzione, ma spettò ancora al Paleòcapa in qualità di ministro dei lavori pubblici, di presentare, otto anni più tardi, nel 1857 al parlamento subalpino, insieme col ministro delle finanze, che era allora il Cavour, e far approvare la legge autorizzante la costruzione della grande galleria, e di dare l'avvio ai lavori il 31 agosto dello stesso anno — 1857 —, con solenne cerimonia alla quale intervenne già quasi cieco ».

Durante la discussione al Parlamento Subalpino, la relazione favorevole fu opera, nella seduta del 26 giugno 1857, del Generale Menabrea, anche lui Accademico della nostra Accademia.

Presiedettero ai lavori del traforo i tre ingegneri Sommeiller, Grattoni e Grandis, i cui nomi sono scritti sul monumento di piazza Statuto. Quegli scienziati temevano le molte difficoltà dell'impresa. Il Ministro dei Lavori Pubblici si rivolse alla nostra Accademia con una lettera del 3 ottobre 1858; la nostra Accademia nominò una Giunta composta dagli Accademici Angelo Botto ed Eugenio Sismonda, Menabrea e Piria: la Giunta emise il 26 giugno 1859 un parere su le osservazioni e le esperienze fisiche da farsi nel corso del lavoro. Queste osservazioni tanto di mineralogia e geologia, quanto di meccanica e di fisica, non furono trascurate dalla Direzione dei lavori, che poté meglio applicarvisi quando — come scrisse Sommeiller in una lettera del 13 luglio 1865 alla Classe di Scienze Fisiche e Matematiche della nostra Accademia — i lavori assunsero « un andamento regolare e normale, ed assai soddisfacente ». Nella lettera il Sommeiller riferiva su gli strati d'antracite e sul banco di quarzite che Beaumont e Sismonda avevano previsto trovarsi nel terreno, poi diceva:

« Hanvi inoltre altri problemi, quale il moto e deflusso dell'aria compressa nei lunghi tubi, ed il calorico prodotto dalla compressione dell'aria, che meritano una singolare attenzione, e dei quali procureremo di occuparci di proposito. E se in questi studi ed in queste osservazioni a farsi cotesta Accademia avesse dei metodi speciali a suggerirci, od anche delle speciali osservazioni che credesse si avessero a dare, il sottoscritto prega cotesta onorevole Presidenza a volergliele indicare, mentre l'assicura che verranno prese nella massima considerazione, ed il più tosto possibile mandate ad effetto ».

Dal 1859 la Savoia era francese. La Francia, ora interessata direttamente al traforo, contribuiva finanziariamente all'impresa. Attaccate le Alpi contemporaneamente da Sud, a Bardonecchia, e da Nord, a Modane, le due gallerie a foro cieco s'incontrarono il 25 dicembre 1870: saranno, tra pochi mesi, cento anni: perciò siamo qui convenuti a ricordare quel giorno. Ho qui sott'occhio — riprodotto nella *Storia economica* di Amintore Fanfani — la scena del primo treno di servizio che passa attraverso la galleria del Fréjus nel 1871.

Il 19 novembre di quell'anno 1871 il Conte Sclopis, presiedendo la consueta adunanza mensile della Classe di Scienze Fisiche e Matematiche, rimpiangendo la recente morte dell'Accademico Sommeiller, fece la storia del traforo del Fréjus e della parte avuta per esso dalla nostra Accademia. Disse:

« Insigne onore è per i Corpi scientifici il venire associati alle grandi opere indirizzate al vantaggio della civiltà progrediente. Oggidì l'industria umana si regge sovra la scienza e più che mai s'avvera il detto: — Nisi utile est quod facimus, stulta est gloria. La nostra Accademia, qualunque volta fu richiesta del suo parere sovra punti teorici da tradursi in pratica applicazione, mai non si ricusò di occuparsene seriamente. Né certo essa potrà essere tacciata... di poca avvedutezza nel discernere l'importanza di nuove invenzioni ».

Questa funzione civile di un Corpo scientifico quale l'Accademia è a tal punto nei fini della nostra Accademia, da comparire addirittura nel motto del suo stemma « Veritas et utilitas »: « veritas » la ricerca scientifica, « utilitas » la diretta applicazione pratica dei risultati scientifici. E non a caso la nostra Classe di Scienze Fisiche, Matematiche, e Naturali, ha una Prima Sezione, di « Scienze matematiche ed applicazioni », e subito dopo, una Seconda Sezione, di « Scienze tecniche », prima delle Sezioni di « Fisica generale ed applicata », di « Chimica generale ed applicata », e di Scienze naturali: gruppo biologico ».

Terminato il traforo nel 1871, Torino, che nei tempi passati aveva tanto combattuto, volle esaltare quell'opera di pace con un monumento. Dalle rocce estratte dalla Galleria del Fréjus trasse blocchi di pietra, e li sovrappose l'uno all'altro secondo un disegno ideato dal Conte Panisera. Vinta la forza bruta della montagna, i Titani, che la personificavano, caddero riversi giù per le rocce. Chi aveva vinto quella forza bruta era il Genio della Scienza, che compariva a sommo del monumento e scriveva a lettere d'oro su la cima i nomi dei tre ingegneri: Sommeiller, Grattoni, Grandis. Un critico di squisito gusto, Marziano Bernardi, Accademico della nostra Accademia, dice « curioso » quel monumento. Posso allora osar aggiungere che, nei 45 anni da che vivo in Piazza Statuto, ho

tutti i giorni polemizzato con quel monumento. Se sono Titani, anche per i Greci personificavano la forza bruta: li avevano vinti i giovani dèi della luce, Zeus e gli altri, che presero stanza su l'alto Olimpo. Ma non personificano anche l'«oscurantismo», che la Scienza disperde e stermina? La scena del ballo «Excelsior», ispirata così da vicino all'opera dei grandi trafori, non vuole appunto rappresentare questa mitologia della Scienza che vince con la sua luce le tenebre dell'ignoranza, anzi della superstizione? Io sono in continui e molto amichevoli contatti coi miei amici e colleghi dell'Università libera di Bruxelles: anche lì il Genio della Scienza — «arcangelo de la nova etade», come Carducci disse della Margliense — vince la tenebra. Ora la scienza è cosa profondamente seria: credo non le giovino simili mitologie. E — per dir tutto — non mi pare che l'umanità possa rovesciare la colpa delle proprie insufficienze e debolezze su biechi «oscurantisti», interessati diffonditori di superstizioni, invece di riconoscersi in causa essa stessa nella sua totalità, sì da impegnarsi, con sforzo tenace e sereno, nel lavoro di rivedere incessantemente le proprie posizioni e incessantemente avanzare, come vedo fare ai miei colleghi scienziati di questa e d'altre Accademie, senza mitologie.

Ché, se ancora indulgessimo a mitologie, non potremmo stupirci che i nemici della scienza e della tecnica — (non sanno bene che cosa vogliono, ma ci sono) — vedano nelle macchine della moderna tecnologia, altrettanti mostri a cui imputare la colpa della rovina a cui, profeti di sciagure, dicono votata la nostra presente civiltà. Anch'essi invocano un arcangelo, che stermini quei mostri; e l'arcangelo, questa volta, è «lo Spirito», in lotta col malvagio genio della Scienza. È un'altra mitologia insensata come quella del ballo «Excelsior» (e, almeno indirettamente e involontariamente, del monumento che io guardo ogni mattina, da quarantacinque anni).

Delle mitologie, in cui scivola l'umanità quando preferisce non riconoscere d'essere in causa essa stessa nella sua totalità, ha ragione il forte illuminato sereno lavoro, di tutti gli uomini di buona volontà in tutti i campi, tra i quali non è secondo a nessuno il lavoro di ricerca scientifica, a cui la nostra Accademia, con le sorelle d'Italia e del mondo, è in buona coscienza votata.

La politica dei trafori e la scelta del Fréjus nel programma di sviluppo della Padania subalpina (*).

Gentili Signore, Signori, Colleghi, Amici,

non è senza emozione, unita a vivi sensi di gratitudine, che chi Vi parla ha accolto l'invito a inaugurare il Vostro Convegno. L'ha accolto pur sapendo che non era davvero il solo che potesse farlo, o il più competente. Nell'ambito dell'Accademia, per non parlare dell'Ateneo torinese, v'era altri che certo assai meglio avrebbe saputo adempiervi. Non me ne vogliate se confesso di aver pensato che alla qualifica di « addetto ai lavori » l'Accademia aveva forse voluto andasse aggiunta quella di ... 'estero', nella fattispecie lombardo, perché a ricordare il centenario del primo, grande traforo alpino, quello ferroviario del Fréjus, a riproporne comunque l'attualità, fosse non un piemontese ma appunto un lombardo — tale, almeno, per adozione — giusto dunque appartenente a quella regione, a quella cultura urbanistica, economica, più largamente civile,

(*) Mi sia consentito ringraziar qui pubblicamente Maestri, Colleghi, Amici, che han voluto soccorrermei coi loro preziosi suggerimenti: il prof. Mario Bendiscioli, il prof. Luigi Bulferetti, cui questi problemi, già affrontati in prospettiva piemontese dal Prato e più generalmente alpina da Marcel Blanchard, devono sostanziali arricchimenti, il prof. Paul Guichonnet, la cui conoscenza storica e attuale della Savoia mi è stata anche in questa occasione insostituibile, il prof. Angelo Detragiache e il prof. Cristoforo Bertuglia per la cortesia con cui vollero illustrarmi metodologia e contenuti delle pianificazioni ideate per le regioni piemontese e Rhône-Alpes, l'ing. Gian Franco Testa e l'ing. Giorgio Beltrami per analoga illuminazione sugli studi del Comitato regionale lombardo per la programmazione economica e dell'Istituto lombardo per gli studi economici e sociali, infine il dott. Italo Magnani per l'ampia panoramica offertami sulla più recente bibliografia economico-urbanistica per Piemonte, Lombardia, Liguria.

Non fosse stato per le cortesi, pressanti sollecitazioni del prof. Alessandro Galante-Garrone e del prof. Carlo Ferrari, non mi sarei mai accinto all'impresa, ultimata la quale non posso non rivolger loro un grato pensiero per l'occasione offertami con tanta, fiduciosa cordialità.

che negli ultimi anni, almeno in taluno tra i suoi più influenti settori, ha così vigorosamente contestato la metodologia d'approccio al tema dei nuovi trafori stradali e autostradali, quelli compiuti e quelli progettati o proposti, e nonché seguire nelle concrete realizzazioni l'esempio piemontese, ne ha sonoramente proclamato, almeno per quanto più direttamente la concerneva, l'inutilità ⁽¹⁾.

Vorrete perdonare questo *excursus* — non sarà l'unico — forse più politico che storico, in considerazione del fatto che probabilmente del passato poco si capisce se non si vive fortemente il presente, e che d'altro canto la ricostruzione del passato cui ambisce lo storico intende pur sempre a veder più chiaro anche nel presente per progettare un futuro migliore.

Occorre ovviamente guardarsi dall'assimilare sbrigativamente gli odierni problemi a quelli di un secolo fa. E tuttavia come non rilevare la straordinaria assonanza tra situazioni e comportamenti di epoche pur lontane tra loro? Con un Piemonte teso a restare — o rientrare, secondo i tempi — nell'orbita dell'economia europea, deciso a inserire i porti liguri in un proprio sistema di comunicazioni e di scambi internazionali ⁽²⁾,

⁽¹⁾ Cfr. COMITATO REGIONALE PER LA PROGRAMMAZIONE ECONOMICA DELLA LOMBARDIA. GRUPPO DI LAVORO COMUNICAZIONI E ASSETTO TERRITORIALE, *Documento N. 3, Relazione degli esperti*, (a cura di) BERNARDO SECCHI e GUGLIELMO ZAMBRINI, Milano, novembre 1966, bozza a stampa, *passim*, ma particolarmente l'*Appendice E, I problemi della montagna e la politica dei trasporti in Lombardia*, pp. 132-7. Il CRPE lombardo ha senz'altro fatto propria, sul tema, l'ottica dei suoi esperti, fortemente differenziandosi da quella che ha presieduto all'elaborazione del rapporto IRES per un piano di sviluppo del Piemonte. Dove la diversificazione peraltro riceve la sua più polemica esplicitazione è nella ricerca diretta ancora dallo ZAMBRINI ed effettuata da ELIO TARULLI, *Problemi della viabilità alpina al servizio delle aree periferiche della Lombardia e dei trasporti internazionali*, Milano, Istituto Lombardo per gli Studi Economici e Sociali (ILSES), luglio 1967, ciclost., *passim*. Le impostazioni economiche di fondo che sorreggono la costruzione lombarda sono agevolmente reperibili in AMMINISTRAZIONE DELLA PROVINCIA DI MANTOVA - UFFICIO STUDI - PROGRAMMAZIONE, *Problemi e politiche dei trasporti in un quadro regionale, Atti del convegno di studio*, Mantova 27-28 maggio 1966. Anche qui illuminante l'intervento dello ZAMBRINI, pp. 122-7. Opposto, ma anche — a onor del vero — assai più genericamente motivato, l'atteggiamento degli autori di un altro voluminoso lavoro, edito dal CENTRO LOMBARDO DI STUDI E INIZIATIVE PER LO SVILUPPO ECONOMICO, *Il sistema dei trasporti e i trafori alpini e prealpini nel quadro dello sviluppo economico della Lombardia*, Milano, 1966.

⁽²⁾ Illuminante sull'atteggiamento piemontese d'oggi al riguardo la relazione di GIANNI OBERTO, *Il sistema dei collegamenti fra i porti liguri ed il retroterra nel quadro dell'organizzazione territoriale della Regione Piemontese*; si veda anche la memoria di UGO MARCHESE, *Scelte politico-operative per il coordinamento fra i porti liguri e il retroterra piemontese*, entrambe in « I porti liguri e il Piemonte - Atti del Convegno, Alessandria 16-17-18 maggio 1969 », pp. 20-2, 78-89. Interventi come quelli ora menzionati ovviamente non s'intendono appieno se non se ne tiene presente

con una Genova ognora mugugnante attorno ai problemi irrisolti del porto — gli arcaici privilegi corporativi delle organizzazioni portuali, la scarsa estensione delle banchine, la difficoltà e i costi troppo elevati delle comunicazioni con la pianura padana e l'Oltralpe ⁽³⁾ —; con una Milano sempre atteggiandosi a capitale della Padania, eppure spesso incapace, per virtù propria o altrui, di iniziative risolutive, in un settore, quello delle comunicazioni, il cui potere propulsivo è sempre stato così difficilmente sopravvalutabile; una Milano che con un occhio guarda il Tirreno mentre strizza l'altro, magari un po' velleitariamente, all'Adriatico, non mancando nemmeno chi vuol tagliare il nodo gordiano e abbandonar il Mediterraneo per la Mitteleuropa e il Mare del Nord.

Decisione piemontese, indecisione lombarda, Liguria a rimorchio: paradosso o realtà ricorrenti? Perché nella grande battaglia per il commercio internazionale, tra Sette e Ottocento, è sempre Torino a sferrare il primo colpo? Perché, di nuovo, nel nostro ultimo quarto di secolo, Torino ha battuto la rivale d'oltre Ticino?

Non si sfugge agevolmente al fascino della più facile, della più romantica motivazione geografica: con una montagna che la serra assai più da presso, in un abbraccio così forte da apparir soffocante, una Torino alla ricerca disperata di aperture, di sbocchi ...

In realtà, la Torino del primo grande traforo ferroviario è la capitale di uno stato lotaringico, cresciuto a cavaliere delle Alpi, lungo una direttrice che coincide con quella del Cenisio ⁽⁴⁾, a signoreggiare in virtù di tale possesso i transiti Est-Ovest tra la Padania e l'Oltralpe. La circostanza d'esser valico e comunicazione interna agli Stati Sabaudi favorisce senz'altro il suo sviluppo, il consolidamento attorno ad esso d'interessi finanziari e commerciali, dello Stato e dei privati, a danno d'altre linee, d'altri valichi, il cui rafforzamento potrebbe significare pericolo per la sicurezza militare dello Stato (il caso del Monginevro) o minor percorso su terri-

il quadro sostanziale di riferimento, che è nelle elaborazioni dell'IRES torinese. Cfr. UNIONE REGIONALE DELLE PROVINCE PIEMONTESE, *Linee per l'organizzazione del territorio della regione*, Torino, 1966; e ID., *Rapporto dell'IRES per il piano di sviluppo del Piemonte*, Torino, 1967.

⁽³⁾ Cfr. ad esempio, FILIBERTO RUFFINI, *Problemi del porto di Genova*, in « Ufficio Studi Sociali e del Lavoro del comune di Genova, Problemi e prospettive dello sviluppo di Genova - Atti del Convegno di studi economici e sociali ' Città di Genova ' », Bologna, 1962, p. 145 sgg.

⁽⁴⁾ Cfr. MARCEL BLANCHARD, *Bibliographie critique de l'histoire des routes des Alpes occidentales sous l'état de Piémont-Savoie (XVII-XVIII siècles) et à l'époque napoléonienne (1796-1815)*, Grenoble, 1920, pp. 10-11. Si veda inoltre ALBERT DULUC, *Le Mont-Cenis. Sa route, son tunnel. Contribution à l'étude des grandes voies de communication*, in « Mémoires et travaux du conservatoire des Arts et métiers », Tome XLIII, Paris, 1952.

torio sabaudo, con conseguenti minori benefici per il Paese ⁽⁵⁾. Ma non bisogna dimenticare la geografia: Dora Riparia, Cenisio, Arc costituiscono la linea più logica per le comunicazioni fra Torino e Lione ⁽⁶⁾. E come Torino, anche Lione ha vinto la corsa a una supremazia regionale anche in virtù di una posizione che le consente di drenare una buona parte del commercio tra Francia e Italia ⁽⁷⁾. Né è per caso che Napoleone sceglie il Cenisio, assieme al Sempione e al Monginevro (quando per quest'ultimo, fatto il Piemonte francese, non sussiste più l'antico motivo d'opposizione) per tracciare le grandi rotabili di valico, meraviglia dell'ingegneria del tempo ⁽⁸⁾, che vanno a sostituire le precedenti, più disagiati vie, lasciate sin allora in diversa condizione per comprensibili motivi, sia tecnici ed economici — difficoltà e costo delle opere — sia militari.

L'argomento, a questo punto, potrebbe sembrare pressoché chiuso, intravedendosi, nello sviluppo tecnico ulteriore, l'ovvietà di una scelta per il traforo ferroviario piemontese. Ma tra la rotabile di valico e il traforo ferroviario c'è un salto qualitativo, ben altrimenti radicale di quello dalla mulattiera alla rotabile. Una constatazione valida non solo sotto

⁽⁵⁾ Per affrontare questi temi si devono sempre tener presenti le ricerche di LUIGI BULFERETTI, *Assolutismo e mercantilismo nel Piemonte di Carlo Emanuele II (1663-1675)*, in «Memorie dell'Accademia delle Scienze di Torino», S. III, T. 2°, 1953; *Il Sempione e gli altri valichi alpini del Regno Sardo nel sec. XVIII*, in «Atti del convegno di studi per i rapporti scientifici e culturali italo-svizzeri», Milano, 1956; *Il Gran San Bernardo e gli altri valichi alpini del Regno Sardo nel sec. XVIII*, in «Relazioni e comunicazioni al XXXI Congresso storico subalpino», Aosta, 1956; *Les communications entre Turin et Lyon au XVIII^e siècle*, in «Cahiers d'histoire», T. V. n. 4, Lyon, 1960; e di GIUSEPPE PRATO, *Le vie del transito commerciale in Piemonte nell'epoca pre-ferroviaria*, in «Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino», T. 57°, Disp. 4 e 5, Torino, 1922. LUIGI BULFERETTI ha ripreso e definito il discorso per il Settecento in un'ampia parte del fondamentale volume *Agricoltura, industria e commercio in Piemonte nel sec. XVIII*, Torino, 1963, p. 293 sgg. Per una rapida panoramica sul problema sino alla Restaurazione e gli sviluppi ulteriori sino all'unificazione italiana ritengo utilizzabile il mio *Vie e mezzi di comunicazione in Piemonte dal 1831 al 1861. I servizi di posta*, Torino, 1961.

⁽⁶⁾ È ancora MARCEL BLANCHARD, *Géographie des chemins de fer*, Paris, 1941, p. 101, a sottolineare «la grande fortune historique du col du Cenis ... dont le secret paraît bien avoir été que, sur cet itinéraire, il suffisait du franchissement d'un seul col — tout comme il y suffirait d'un seul tunnel — pour passer du bassin du Rhône à celui du Po».

⁽⁷⁾ Sui riflessi attuali di tale situazione storica cfr. CIRCONSCRIPTION D'ACTION RÉGIONALE RHÔNE-ALPES, *Rapport sur les principales orientations du VI^e Plan dans la Région Rhône-Alpes*, Lyon, juillet 1969, p. 233 sgg.; AGENCE D'URBANISME DE L'AGGLOMERATION GRENOBLOISE, *Le livre blanc pour l'aménagement de la région grenobloise*, Grenoble, avril 1969, p. 37.

⁽⁸⁾ Cfr. MARCEL BLANCHARD, *Les routes des Alpes Occidentales à l'époque napoléonienne (1796-1815)*, Grenoble, 1920, *passim*.

il profilo tecnologico, ma anche sotto quello più vastamente politico-economico. La rivoluzione del carbone e del vapore sconvolge antichi equilibri, prospettando al *business*, ma insieme anche ai politici, situazioni affatto nuove.

Né andrà dimenticato un altro, fondamentale salto di qualità, politico-territoriale quest'ultimo, che il regno sardo è venuto compiendo nella prima metà del Settecento, coll'acquisto delle province lombarde sulla destra del Ticino e a sud del Po, coronato nella Restaurazione dall'annessione di Genova e del suo territorio. All'antica direttrice di espansione e di traffici Ovest-Est — il *Drang nach Osten* sabaudo — è venuta così affiancandosi un'altra direttrice, Sud-Nord, che pone problemi in gran parte nuovi.

Se lungo il Settecento è questione, tra i dirigenti della politica commerciale sabauda, di togliere a Genova la maggior parte dei suoi traffici col Piemonte per sviluppare in primo luogo Nizza, e, subordinatamente, Oneglia, e poi di acquisire ai propri porti, sottraendola a Genova, anche parte del commercio di transito tra il Mediterraneo, la Svizzera Centrale e Orientale e la Germania Meridionale (tentativo, quest'ultimo, destinato ad abortire per i più lunghi percorsi, la difficoltà di modificare tradizioni consolidate, e soprattutto per l'inesistenza, sulle nuove linee, di centri produttivi paragonabili a Genova e, particolarmente, a Milano) già prima della Rivoluzione si è fatta, possiamo ben dire letteralmente, strada l'idea di portare almeno sulla destra del Ticino la maggior possibile quantità del commercio di transito tra Genova, la Svizzera e la Germania, sottraendola al percorso lombardo Pavia-Milano-laghi ⁽⁹⁾.

Nell'Ottocento, acquisita Genova e migliorate le comunicazioni appenniniche con la rotabile dei Giovi (iniziata, quest'ultima, in periodo napoleonico, completata nei primi anni della Restaurazione) il disegno riprende e si precisa in una sfida sempre più aperta a Milano e al commercio lombardo. Torino mira, innanzitutto, come sempre, a concentrare

(9) Sull'inserimento di Nizza nella politica mercantile dei traffici Nord-Sud, cfr. GIUSEPPE PRATO, *Le ambizioni commerciali e marittime di un ministro piemontese del secolo XVII*, in «Miscellanea di studi storici in onore di Giovanni Sforza», Lucca, 1915; CARLO CONTESSA, *Aspirazioni commerciali intrecciate ad alleanze politiche della Casa di Savoia coll'Inghilterra nei secoli XVI e XVII*, in «Memorie della R. Accademia delle Scienze di Torino», S. II, T. 66°, oltre al già citato *Assolutismo* del BULFERETTI, p. 180 sgg.; ancora di VITTORIO ADAMI, *Appunti e documenti sulla rotabile Nizza-Cuneo-Torino*, in «FERT», nuova serie, vol. VII, n. 1, Torino, 1935, p. 29 sgg. Sullo sviluppo dei traffici in riva destra del Ticino, già ricordato da CESARE CANTÙ, *Storia della città e diocesi di Como*, vol. II, Como, 1831, p. 388, ancora i lavori cit. del PRATO e del BULFERETTI a n. 4, e di BRUNO CAIZZI, *Industria, Commercio e Banca in Lombardia nel XVIII secolo*, Milano, 1968, p. 238.

i traffici Est-Ovest sulla linea del Cenisio, intralciando quanto più può le comunicazioni sulle altre grandi rotabili alpine di età napoleonica, quella del Monginevro così come quella del Sempione. Il Sempione, in effetti, era e resta valico milanese, su una direttrice in gran parte alternativa a quella del Cenisio verso Ginevra e la Francia ⁽¹⁰⁾.

(A proposito: non sarebbe opportuno che, almeno in Piemonte, si abbandonasse quest'antistorica dizione di Voltri-Sempione? Potrebbe mai il Piemonte interessarsi a un traforo così eccentrico, o meglio, così lombardo? Per arrivar a Losanna e anche, come no, al Rawil Pass, non basta ormai, del resto, anche a Milano il Gran San Bernardo?) ⁽¹¹⁾.

Ma a questa azione di logoramento, un'altra se ne aggiunge, volta insieme a servir Genova e ad attrarre nell'orbita piemontese il commercio svizzero e tedesco. Oltre il Lago Maggiore, cui tradizionalmente affluisce buona parte del commercio milanese e genovese sulla direttrice settentrionale, i valichi alpini non sono stati interessati dall'iniziativa napoleonica. Stupefacentemente, è il piccolo Piemonte a concretare, nei primi anni venti, la trasformazione in rotabile della vecchia mulattiera del San Bernardino in territorio grigione; obiettivo evidente: la valle del Reno e, per essa, Svizzera e Germania ⁽¹²⁾.

⁽¹⁰⁾ Cfr. BULFERETTI, *Assolutismo*, op. cit., p. 205. Sul Sempione lombardo MARIO BENDISCIOLI, *Politica, amministrazione e religione nell'età dei Borromei*, in «Storia di Milano», vol. X, specialmente p. 14 sgg. Sull'azione contro il Sempione già nel secolo XVII, MARIO ABRATE, *Trasporti transalpini in Piemonte nel secolo XVII*, in «Economia e Storia», Milano, 1959, fasc. 3. Per gli sviluppi nella Restaurazione il mio *Vie e mezzi cit.*, p. 339 sgg.; ed ancora LUIGI BULFERETTI, *Orientamenti della politica estera sabauda dal 1814 al 1819*, Roma, 1942, particolarmente pp. 26-7.

⁽¹¹⁾ Sul contrasto tra Piemonte e Lombardia a proposito del Sempione, fondato su motivi geografici, già aveva portato la propria intelligente attenzione MARCEL BLANCHARD, *Le ferrovie piemontesi*, in «Torino e il Piemonte», a. VII, n. 2, Torino, 1915. La parte avuta da Milano nella realizzazione del traforo ferroviario del Sempione era stata, pochi anni prima, fondamentale. Non senza ragione, dunque, in tempi più vicini a noi, taluni «laghisti» e altonovaresi hanno condotto un'ostinata battaglia per l'aggregazione della provincia di Novara alla regione lombarda, peraltro con risultato nullo, probabilmente anche per l'intervenuta nuova sordità milanese al riguardo; cfr. GIUSEPPE ANTONIO CERETTI, *Piemonte o Lombardia?*, Verbania, 1970.

⁽¹²⁾ Preziosa la documentazione recentemente edita a cura di NARCISO NADA, *Le relazioni diplomatiche fra l'Austria e il Regno di Sardegna*, tra le «Fonti per la Storia d'Italia», I serie, vol. I, Roma, 1964, pp. 330, 336, 354, 387-90, 394, 396, 518, 529-34. Restano utilmente consultabili NICOMEDE BIANCHI, *Storia documentata della diplomazia europea in Italia, dall'anno 1814 all'anno 1861*, vol. I, Torino, 1865, p. 250, vol. II, Torino, 1865, p. 121; LUDOVICO SAULI D'IGLIANO, *Reminiscenze della propria vita*, vol. I, Roma-Milano, 1908, pp. 72-3; si veda, per i Grigioni, R. DOMENIG, *Zur Geschichte der Kommerzialstrassen in Graubünden (Ein Beitrag, zur Verkehrspolitik Graubündens)*, Chur, 1919, p. 43 sgg.

(A proposito: non è altrettanto, o forse più, stupefacente che, a traforo del San Bernardino, non diciamo progettato ma addirittura ultimato, non ci sia sul serio mossi, da Genova e dalla Padania, per chiedere una nuova diretta comunicazione con Bellinzona e la Mesolcina? Che sia perché c'è stato di mezzo il '59, e il « confine » lombardo è tornato dal Ticino alla Sesia fin alle porte di Vercelli? Che sia sempre per questo motivo che la Voltri-Sempione non è nata Voltri-San Bernardino o meglio ancora Voltri-Gottardo?).

Certo, allora, Milano e Vienna furono pronte a bloccare l'offensiva torinese; le rotabili dello Spluga e del Gottardo costituirono una risposta dura. Il Gottardo sostituiva, tra l'altro, efficacemente lo svirilizzato Sempione e portava una temibile concorrenza addirittura al Cenisio sulla direttrice di Parigi e di Londra. (Oggi, a Est del Ticino, si preferisce lasciar fare gli amici Confederati; il San Bernardino ha ormai preceduto lo Spluga; il Gottardo è tutto elvetico, e lo Stelvio a che serve se c'è già il Brennero?; la razionalizzazione delle risorse esistenti par compito troppo impegnativo perché i Lombardi possano affrontare crociate alpine ...).

La sfida piemontese, al momento forzatamente accantonata, riprende però pochi anni più tardi col nuovo mezzo fornito dalla rivoluzione industriale: la locomotiva a vapore.

Inizialmente, l'ingresso della vaporiera in Piemonte si presenta tuttavia problematico. Intanto, il Piemonte non ha carbon fossile, e per anni ci si chiede se convenga accrescere il passivo della bilancia commerciale sacrificando a un tempo l'agricoltura e l'allevamento indigeni ⁽¹³⁾. Superata quest'obiezione a fronte dell'ondata ferroviaria europea crescente, appare chiaro che la ferrovia deve partire da un porto; in pratica, da Genova, che presenta le condizioni economiche più favorevoli per l'istituzione della nuova via di comunicazione. È, del resto, da Genova che, a pochi mesi dall'esperimento della Stockton-Darlington, viene la prima richiesta di concessione di una ferrovia in direzione del Po e della Lombardia ⁽¹⁴⁾. Ma tra Genova e la Val Padana ci son di mezzo, quasi insuperabili per la tecnica del tempo, gli Appennini. È questo il nodo da sciogliere.

⁽¹³⁾ Cfr. il *Rapport sur un Projet de routes à ornières de fer* scritto da un esperto piemontese del settore comunicazioni, l'ing. CARBONAZZI, in « Archivio di Stato di Torino » (abbrev. AST), Sez. I, Materie Economiche (ME), Strade Ferrate, Mazzo (M) unico.

⁽¹⁴⁾ Cfr. GIUSEPPE BINELLO, *Le ferrovie piemontesi del Risorgimento*, Torino, 1940, pp. 71-80; ENRICO GUGLIELMINO, *Genova dal 1814 al 1849. Gli sviluppi economici e l'opinione pubblica*, Genova, 1940, p. 177 sgg.; e il mio *Per una periodizzazione della politica ferroviaria sabauda*, in « Studi Giuridici e Sociali in memoria di Ezio Vanoni », Pavia, 1961, p. 340.

E sinché il nodo non sarà sciolto, non sarà nemmeno il caso di occuparsi di altre linee, né in Piemonte, né, tanto meno, in Savoia. Con le oscillazioni ovvie in una comunità dagli interessi vari almeno quant'è varia la rispettiva collocazione geografica, questa è peraltro la direttiva sempre e sicuramente emergente. Come si potrebbe avviar prima, ad esempio, una Torino-Milano, che nel 1840, a parere del ministro piemontese delle Finanze, sarebbe pur la ferrovia con maggiori *chances* tra tutte quelle allora progettate in Italia? « Cette route — dichiara il ministro in Consiglio di Conferenza — ne pouvant être envisagée autrement que comme le complément de celle de Venise à Milan ... sera préjudiciable au commerce de Gênes ... » ⁽¹⁵⁾.

Quanto alla Savoia, ogni concessione di linee da Grenoble o Lione in direzione di Ginevra viene sistematicamente combattuta e negata dagli esperti sabaudi, i quali riescono, quando occorre, a superare addirittura l'iniziale parere favorevole non solo dei ministri competenti ma dello stesso sovrano ⁽¹⁶⁾. Anche se tra gli esperti s'infilza un geniale guastafeste come Camillo Cavour — allora più che mai interessato alla Savoia, come ben ha messo in evidenza l'amico Guichonnet ⁽¹⁷⁾ —, le sue doti di gran persuasore non riescono ad andar molto oltre la Commissione in cui si trova ad agire ⁽¹⁸⁾. E non è soltanto l'impresa in cui s'è personalmente impegnato, fra l'altro con cospicui capitali, il Cavour — la *Compagnie Savoyarde* — ad andare definitivamente a gambe all'aria. La durissima difesa del quadro di riferimento genovese condiziona negativamente il futuro sistema ferroviario della Savoia. Perso — è il caso di dirlo — il treno delle prime proposte lionesi per una linea in direzione di Ginevra sulla sinistra del Rodano — dunque in territorio sabauda — bisognerà accettare il collegamento alla linea di destra, tutta su territorio francese. Negli anni quaranta il pro-

⁽¹⁵⁾ Cfr. AST, Sez. I, Materie Giuridiche (MG), Consiglio di Conferenza, M. 6, 17-IX-1840.

⁽¹⁶⁾ Cfr. AST, Sez. I, MG, Cons. Conf. M. 6, 21-I, e 17-VI-1841. Conclusione nel caso della Chanaz-Ginevra: « un chemin de fer traversant les Etats ne pourrait être utile qu'autant qu'il se détacherait d'un port du Royaume, ou qu'il en traverserait une longue étendue ou enfin que n'en touchant qu'un faible partie le transit serait soumis à un droit, conditions qui ne se rencontrent pas dans celui projeté ... » (*loc. cit.* 17-VI-1841).

⁽¹⁷⁾ Cfr. PAUL GUICHONNET, *Cavour agronomo e uomo d'affari*, Milano, 1961, p. 39 sgg.

⁽¹⁸⁾ Si può seguire agevolmente lo sviluppo della pratica in AST, Sezioni Riunite (Sez. Riun.), Serie II Strade Ferrate (S. II ss. ff.), M. 2. Alcuni importanti « pezzi » sono stati pubblicati da FRANCO ARESE, *Cavour e le strade ferrate, con documenti inediti*, Milano, 1953, pp. 79-94.

blema è però un altro: arrivare a Chambéry e Ginevra ma da Genova per Torino ⁽¹⁹⁾.

Il gran nodo finalmente vien sciolto con l'intervento di tecnici d'Oltre Manica; i Giovi si dovranno forse superare con macchine fisse, a mo' di funicolare, ma comunque si supereranno ⁽²⁰⁾. Siamo al '43; il Piemonte parte tardi nella gara ferroviaria, però quel che nasce non è un giocattolo di lusso per portare i « reali » a Moncalieri, ma un sistema organico di linee.

I capisaldi del piano piemontese sono Genova, Alessandria, Torino, Arona. In direzione di Milano si andrà, ma in modo da non far dipendere il successo dell'impresa dalla benevolenza viennese e tenendo la linea il più a lungo possibile in territorio sabaudo. Il Po si passerà su un unico ponte a Valenza; oltre Valenza la ferrovia punterà su Mortara, Novara, Arona. Da Mortara potrà staccarsi una linea per Vigevano, donde, su ponte da costruirsi sul Ticino, previo accordo con gli Austriaci, a Milano ⁽²¹⁾. È abbandonata l'idea corsa un dieci anni prima, ma già allora con scarso successo, di far di Casale ⁽²²⁾, in luogo di Alessandria, il nodo delle comunicazioni ferroviarie piemontesi.

La Torino-Genova passerà da Alessandria, per ovvi motivi, sia tecnici — minore lunghezza e difficoltà del percorso — sia economici. Si taglia fuori Pavia, donde ire austriache e pavesi ⁽²³⁾, si rilancia la sfida a Milano

⁽¹⁹⁾ Come limpidamente verbalizza nel '45 il Segretario del Consiglio di Conferenza, « Sua Maestà determina che si sospenda qualunque risoluzione sulle domande di concessione per strade che attraversano la Savoia intanto che il Governo stesso fa gli studi della linea da Torino a Ginevra la quale sarebbe più importante ed utile per la Savoia stessa e per lo Stato tanto più che non risulta ancora accertata la possibilità dello stabilimento in Francia di una linea più pericolosa pel porto di Genova tra Marsiglia e Lione ». Cfr. AST, Sez. Riun., S. II ss.ff., M. 2, 3-VII-1845. Che il re non fosse tuttavia tranquillo è provato dalla lettera che pochi mesi dopo (il 23 ottobre) scriveva al Des Ambrois: « ... Il sera d'une haute importance que l'on cherche à savoir si le gouvernement Français fera une concession de chemin de fer de Lyon à Genève en passant sur son propre territoire. Car si ce mal dut nous arriver il vaudrait encore mieux de trouver une Compagnie qui fit un chemin de fer qui passe par la Savoie ». Cfr. VITTORIO CIAN, *Carlo Alberto all'opera. Sue lettere inedite al ministro Des Ambrois*, Estr. della « Nuova Antologia », Roma, giugno 1912, p. 17.

⁽²⁰⁾ Cfr. CARLO ILARIONE PETITTI, *Delle strade ferrate italiane e del migliore ordinamento di esse*, Capolago, 1845, p. 261.

⁽²¹⁾ Cfr. PETITTI, *Delle strade ferrate*, op. cit., p. 267.

⁽²²⁾ Così nel *Projet pour l'établissement d'une route en fer de G'nes à Turin et à Arona et pièces à l'appui*, Turin, 1834, fieramente avversato da Torinesi, Astigiani, Alessandrini.

⁽²³⁾ Se ne veda una rapida panoramica nel mio *La situazione politico-economica di Pavia nell'ultima fase della dominazione austriaca*, in « Bollettino della Società Pavese di Storia Patria », vol. XII, Fasc. I-II, Pavia, 1960.

e a Vienna sul Lago Maggiore; il San Bernardino torna d'attualità. Ma a Torino si pensa anche alla linea verso la Savoia, Lione, Ginevra; si prende abbastanza sul serio il promemoria di un tal Médail, si comincia a parlare di un *tunnel* fra Bardonecchia e Modane, sotto il Fréjus.

La fretta di fare, e far bene, tenendo conto degli interessi dello Stato, politici e strategici oltre che economici, piuttosto che degli interessi privati costituiti — i quali reclamerebbero, sempre da Genova, la più tradizionale comunicazione con Milano via Tortona, Voghera, Pavia — induce il governo ad attribuire allo Stato il compito della costruzione ed esercizio della grande ipsilon progettata ⁽²⁴⁾. L'esempio viene dal Belgio, e dal Belgio si chiamerà a dirigere la grande impresa un gruppetto di tecnici ⁽²⁵⁾, in Belgio andranno a imparare il mestiere alcuni fra i più promettenti giovani ingegneri sabaudi, e uno scelto gruppetto di operai. Tra gli ingegneri ci sono un tal Grandis, un certo Sommeiller ⁽²⁶⁾.

Si bada anche ad allacciar subito gli opportuni contatti oltre confine, si inviano i tecnici migliori a ispezionare la cerchia alpina sulla direttrice settentrionale ⁽²⁷⁾. Bisogna far presto se si vuole veramente restare nell'orbita economica europea, se non si vuol venire emarginati dalle nuove correnti commerciali. Sono gli anni eccitati della « valigia delle Indie »; mezza Europa si appassiona ai viaggi di Thomas Waghorn alla ricerca della via più rapida per la corrispondenza — e, in prospettiva, il commercio — tra Europa e Asia Meridionale e Sudorientale ⁽²⁸⁾.

Tra le due grandi linee allora in gara, quella francese per Marsiglia, Lione, Parigi, quella austro-germanica per Trieste, Füssen, Mannheim, Colonia, Ostenda, il piano piemontese viene a metter in corsa anche Genova con la sua linea per il Lago Maggiore ⁽²⁹⁾. Il più preparato fra i tecnici piemontesi del settore comunicazioni, l'ingegner Mosca, ipotizza la prosecuzione della ferrovia sino ad Intra e al confine elvetico; l'interru-

⁽²⁴⁾ Cfr. PETITTI, *Delle strade ferrate*, op. cit., 552 sgg.

⁽²⁵⁾ Cfr. EUGENIO PASSAMONTI, *Il primo ministro belga in Torino*, in « Belgio e Piemonte nel Risorgimento Italiano », Torino, 1930, p. 139.

⁽²⁶⁾ Cfr. ANTONIO FERRUCCI, *Della vita e delle opere di Sebastiano Grandis*, Borgo S. Dalmazzo, 1942, p. 11.

⁽²⁷⁾ Cfr. del Carbonazzi (già cit. a n. 12) la relazione *Sulla preliminare ispezione delle località scelte ... per l'oggetto della costruzione di strade ferrate nel Canton Ticino*, in data 4-VIII-1845, e dell'estate '46 il *Rapport sur les opérations exécutées dans le cours de l'été 1846 sur la direction du chemin de fer du Lac Majeur au Lac de Constance pour le choix d'un meilleur passage des Alpes près du Lukmanier pour aller de la vallée de Blennio à celle du Rhin*, in AST, Sez. Riun., S. II ss. ff., M. 25, alle date cit.

⁽²⁸⁾ Cfr. CÉSAR VIDAL, *Charles-Albert et le Risorgiment italien*, Paris, 1927, p. 189 sgg.

⁽²⁹⁾ Cfr. RAFFAELE CIASCA, *L'origine del programma per « L'opinione nazionale italiana » del 1847-48*, Milano ²1965, p. 324 sgg.

zione lacuale non gli pare ormai più accettabile. E poi? Scartati il Sempione, che al Piemonte non interessa affatto, come già si è ricordato, e il Gran San Bernardo, sostanzialmente troppo vicino al Cenisio, si potrebbe guardare al Grimsel, ma l'impresa apparirà pressoché impossibile ⁽³⁰⁾. Restano il Gottardo e il Lucomagno, parente strettissimo, quest'ultimo, del San Bernardino. Il Gottardo, dei due, pare il più duro ⁽³¹⁾, e per di più ha il gran torto di servir altrettanto egregiamente Milano. La scelta piemontese nel '45 è fatta. L'ipson piemontese punterà su due eventuali trafori, l'uno in direzione della Savoia, dei Cantoni Svizzeri occidentali, della Francia — il Fréjus, tutto in territorio sabaudo — l'altro — tutto in territorio elvetico, il Lucomagno — in direzione della Svizzera orientale, della Baviera, Baden, Württemberg e Paesi renani ⁽³²⁾.

Tra il '45 e il '48 l'azione piemontese si fa incalzante. Il collegamento diplomatico col Ticino, i Grigioni, San Gallo, è presto realizzato; ci si preoccupa di ottenere consensi e sostegno finanziario a Monaco, nel Baden, nel Württemberg; si organizza una società per la ferrovia che vien detta dei due laghi — Maggiore e di Costanza ⁽³³⁾ —, vi si allineano i più bei nomi della finanza torinese e genovese, non senza qualche contorno forestiero, la si presenta a Londra in cerca di sottoscrittori ⁽³⁴⁾. I banchieri piemontesi, è vero, non pare la ritengano una cosa molto seria [« c'est

⁽³⁰⁾ Decisi sostenitori del Grimsel sono gli inglesi M'CLEAN ET STILEMAN, nel loro *Rapport sur un chemin de fer proposé entre Gravellona, près du Lac Majeur et Lucerne*, London, 25 Mars 1851. La definitiva esclusione di questo valico per le difficoltà tecniche del percorso sarà pronunciata nel settembre dello stesso anno. Cfr. AST, Sez. Riun., S. II ss. ff., M. 26, dispaccio De Barral, 23-IX-1851.

⁽³¹⁾ Il Carbonazzi, nel '45, definisce il transito ferroviario pel Gottardo impossibile « allo stato attuale delle scienze e delle umane cognizioni ». Cfr. AST, Sez. Riun., S. II ss. ff., M. 25, Relazione 4-VIII-1845.

⁽³²⁾ Ancora PETITTI, *Delle strade ferrate*, op. cit., pp. 271 sgg. e 612 sgg.

⁽³³⁾ Cfr. la Relazione dell'Ispettore Cav. Carbonazzi al Ministero dei Lavori Pubblici sugli studi per il prolungamento della ferrovia di Genova alla Svizzera, allegata alla Relazione Depretis, in Atti Parlamentari, Camera dei Deputati, IV legislatura, 3^a sessione, 11-IV-1853. Si veda pure, più oltre, n. 51.

⁽³⁴⁾ Cfr. lo specimen 10-VI-1847 dal suggestivo titolo *The Great German & Italian junction Railway (A new and the shortest route from England to Italy and India) from the Lake of Constance to the Lago Maggiore with a Branch from Sargans to Wallenstadt*, in AST, Sez. Riun., S. II ss. ff., M. 26. Nel Comitato Direttivo figuravano il marchese Giustiniani, i banchieri torinesi G. B. Barbaroux, Giuseppe Casana, Luigi Duprè, Giovanni Nigra, il conte Rignon, il genovese L. B. Migone; nel comitato provvisorio i torinesi Barbaroux & C., F. Berné & C., C. Casana & figli, Duprè padre & figli, Nigra fratelli & figli, Vincenzo Vicini & Co., i genovesi Balduino & figli, Berlingieri & Laviosa, M. Massone, Bartolomeo Parodi, Passadoro & Durand, Filippo Penco; i milanesi Felice Petracchi & C. Banchieri della società venivano dichiarati Nigra e Parodi, ossia le due più solide ditte bancarie rispettivamente di Torino e di Genova.

une véritable plaisanterie » — scrive della società il Cavour all'amico De la Rue nel gennaio '46 ⁽³⁵⁾] ma tutto sta a vedere quale potrebbe essere il concorso finanziario degli Stati interessati. Frattanto il governo affida al tecnico belga posto a capo delle ferrovie sabaude — Henri Maus — lo studio dell'altro traforo. Le difficoltà sono enormi, ma i primi risultati non sembrano affatto scoraggianti ⁽³⁶⁾.

Sulla politica ferroviaria sabauda alle soglie del Quarantotto abbiamo, com'è noto, due eccezionali testimonianze, espressione, l'una, di quei gruppi che nei Ministeri, nel Consiglio di Stato, nelle Commissioni *ad hoc*, son venuti elaborando la politica sabauda nel settore che ci interessa — *Delle strade ferrate italiane*, di Carlo Ilarione Petitti di Roreto — l'altra di una posizione personale, sostanzialmente allineata alla prima ma con avvertibili, non lievi sfumature di dissenso — l'articolo *Des Chemins de fer en Italie* del Cavour ⁽³⁷⁾ —. Un dissenso che si avverte chiaramente se si bada all'ampiezza che nel proprio saggio il Cavour riserva rispettivamente alla linea del Lago Maggiore e a quella del Cenisio. Le simpatie del futuro capo del governo piemontese sono tutte per il Cenisio.

Com'è noto, nel libro del Petitti, nell'articolo di Cavour, il mezzo ferroviario viene scientemente impiegato in funzione antiaustriaca — più nel quadro della rinnovata, ma pur sempre tradizionale, sfida piemontese l'opera del Petitti, con più nuovi richiami alle forze nazionali della Penisola il saggio cavouriano —. S'intravede la saldatura tra gli antichi obiettivi dinastico-territoriali e la rivoluzione nazionale.

Vienna, Trieste, rispondono, ovviamente, con rabbia; si scommette che lo Spluga precederà il Lucomagno, gli interessi dei porti adriatici vengono duramente contrapposti, in Lombardia, a quelli genovesi ⁽³⁸⁾. La rivoluzione, la guerra, paiono, di lì a poco, tagliar molti nodi del dibattito. Da Torino si prende contatto, nel giugno '48, col presidente del governo provvisorio lombardo, per risolvere il problema della congiunzione

⁽³⁵⁾ Cfr. CAMILLO CAVOUR, *Nouvelles lettres inédites, recueillies et publiées avec notes historiques par AMÉDÉE BERT*, Turin, 1889, foglio 14-I-1846, p. 69.

⁽³⁶⁾ Cfr. ENRICO MAUS, *Relazione sugli studi da lui fatti della strada ferrata da Chambéry a Torino*, Torino, 1850, p. 3, dove il belga riassume brevemente il contenuto delle prime favorevoli relazioni da lui presentate sul tema, alle date 8-VIII-1845 e 26-III-1846.

⁽³⁷⁾ Lo si veda in CAMILLO CAVOUR, *Scritti di economia 1835-1840*, a cura di FRANCESCO SIRUGO, Milano, 1962, p. 225 sgg.

⁽³⁸⁾ Se ne veda l'interessante panoramica coeva in *Raccolta di Atti Officiali e di diversi scritti pubblicati in Italia, in Francia ed in Germania intorno alle presenti vertenze fra l'Austria ed il Piemonte. Preceduta di alcune Memorie intorno alle Strade Ferrate ed alle presenti condizioni politiche dell'Italia e dell'Austria*, Losanna, 1846.

tra le due reti in costruzione ⁽³⁹⁾. Pare avviarsi un assetto ferroviario concepito in modo finalmente unitario per tutta la Padania. La *débacle* militare, di lì a poco, blocca però ogni progetto. Piemonte e Lombardia sembrano tornare separatamente ai vecchi schemi ⁽⁴⁰⁾.

E tuttavia l'atmosfera si va facendo diversa. Ai grandi disegni tenuti saldamente in pugno da ristretti comitati di esperti — quello che si usa definire paternalismo regio — viene sostituendosi l'iniziativa di gruppi finanziari più attenta a criteri di reale, immediato profitto delle imprese e a possibilità di finanziamento che si sviluppano in un dialogo diretto con le comunità interessate, ossia coi rispettivi notabili. Il Parlamento occupa buona parte del posto precedentemente tenuto da Consigli e Commissioni.

Il primo biennio postbellico, in Piemonte, è sostanzialmente di transizione, tra vecchio e nuovo; l'inserzione di uomini come un Cavour nella compagine governativa varrà poi ad accelerare un processo che, del resto, pare irreversibile. Le falle aperte nel bilancio dello Stato dalla guerra e dal costoso trattato di pace non sembrano, del resto, consentire una politica diversa. Lo Stato chiama a raccolta capitalisti e imprenditori, indigeni e forestieri, per estendere la rete di base, approntare le possibili diramazioni, sostenerne l'esercizio.

La ventata parlamentare, in un primo tempo, arriva a mettere in forse gran parte delle vecchie decisioni, anche se talvolta già rese operative. Le difficoltà di bilancio sono, in un primo tempo, tali che si pensa addirittura di affidare il completamento ed eventualmente anche l'esercizio della Torino-Genova al capitale privato ⁽⁴¹⁾. Si ridiscute il tracciato dell'altra grande linea decisa nel '44-'45, la Alessandria-Arona. È proprio il deputato Cavour a proporre alla Camera, nell'agosto '49, che la ferrovia da Genova verso la Svizzera, superata Alessandria, punti non su

⁽³⁹⁾ La relativa pratica, con la corrispondenza Des Ambrois-Casati, in AST, Sez. Riun., S. II ss.ff., M. 4, 29-VI-'48. Si veda anche quanto ne scrive il Cavour sul « Risorgimento » il 4-V-1848, in CAVOUR, *Scritti di economia*, op. cit., p. 361 sgg.

⁽⁴⁰⁾ La più eloquente dimostrazione ne è il dibattito al Parlamento subalpino sulla concessione della Alessandria-Stradella. Il Paleocapa, ministro dei Lavori Pubblici, dichiara a nome del governo che la congiunzione a Pavia « non sarà mai quella che possa convenire al nostro Stato » e ciò per motivi sia militari che economici. Cfr. AP, CD, V leg., 1^a Sess., *Discussione del progetto di legge presentato dai Ministri delle Finanze e dei Lavori Pubblici per la concessione delle strade ferrate da Alessandria a Stradella, da Acqui ad Alessandria, da Novi a Tortona, e cessione dello stabilimento balneario d'Acqui*, intervento Paleocapa in data 24-VI-1854.

⁽⁴¹⁾ Favorevoli a questo orientamento si mostrano in un primo tempo addirittura « statalisti » come un Petitti. Cfr. AP, Camera dei Senatori, III leg., 13-VIII-1849. Se ne vedano i riflessi in CAVOUR, *Nouvelles lettres*, op. cit., pp. 309-10, foglio 11-VI-1849.

Mortara ma su Casale, donde a Vercelli e Novara ⁽⁴²⁾. È evidente il vantaggio per Vercelli, che diverrebbe, in luogo di Novara, il nodo delle due linee Torino-Milano e Genova-Svizzera; un tracciato — aggiungeremo — che tra Alessandria e Vercelli richiama singolarmente quello dell'odierna cosiddetta Voltri-Sempione, e con motivazioni non troppo lontane da quelle attuali ⁽⁴³⁾. Le ha anticipate, del resto, Cavour già quattr'anni prima all'amico De la Rüe: « En fait de chemins de fer il y a une règle générale, c'est qu'il n'y a de bonnes lignes que celles qui sont alimentées par le mouvement national. Les lignes qui vont à la frontière ne valent rien » ⁽⁴⁴⁾.

Ma superate le prime, più gravi difficoltà finanziarie, è la forza stessa delle cose ad imporre soluzioni di compromesso. Gli uomini che hanno proposto le scelte fondamentali sono ancora nei Ministeri, in Senato, anche a non voler tenere conto delle ragioni geografiche ed economiche ⁽⁴⁵⁾. La grande iperbole resta saldamente in mano allo Stato, né se ne modifica il tracciato. Sul vecchio tronco vengono però innestati i nuovi rami con una commistione d'interessi che fa gridare allo scandalo sia i puristi del liberismo che gli uomini della vecchia guardia ⁽⁴⁶⁾.

Il Piemonte sta in realtà spalancando le porte a capitalisti e imprenditori forestieri, attratti dalle favorevolissime condizioni offerte dal nuovo regime. Sono in particolare gli Inglesi a fruire del primo vero *boom* ferro-

⁽⁴²⁾ La proposta cavouriana, perfettamente coerente con quanto delineato nel '46 nell'articolo *Des chemins de fer*, e precisato sul « Risorgimento » nel '48 (Cfr. più sopra, le nn. 36, 38) è avanzata alla Camera nell'agosto '49. Se ne sviluppa un grosso dibattito le cui cospicue tracce si ritrovano nella grossa pubblicazione governativa *Discussioni sui progetti del tronco di strada ferrata da Alessandria al ponte sul Po*, Torino, 1851. Si veda anche AST, Sez. Riun., S. II ss. ff., M. I, *Provvidenze generali*.

⁽⁴³⁾ Per le ragioni vercellesi cfr. *Convegno sui problemi della grande viabilità del Piemonte orientale*, Biella 11-XI-1967; per le opposte ragioni, lomelline: COMITATO PAVESE DI COORDINAMENTO RICERCHE E STUDI PER LA PROGRAMMAZIONE REGIONALE, *Atti del Convegno « Per un tracciato lombardo della Autostrada Voltri-Sempione »*, Mortara, 24-III-1968.

⁽⁴⁴⁾ Cfr. CAVOUR, *Nouvelles lettres*, op. cit., p. 66, foglio 22-X-1845.

⁽⁴⁵⁾ L'offensiva privatistica si svolge in due tempi, nel '49 e nel '51. Svolge in entrambe le occasioni una potente azione di remora alla cessione, sia pur aiutato, soprattutto nel primo caso, dalla congiuntura internazionale, il ministero dei lavori pubblici, rappresentato in particolare, nel '51, da quel tecnico di grandissimo prestigio che fu il Paleocapa. Cfr. AP, CD, III leg., 25-VIII-1849 e IV leg., 2^a Sess., *Rapport de la commission sur le budget passif des chemins de fer pour l'exercice de 1851 présenté dans la séance du premier avril 1851 par le rapporteur Menabrea*, e la *Discussion* sul bilancio stesso, 22-IV-1851, interventi Bastian, Lanza, Paleocapa.

⁽⁴⁶⁾ Evidenza in modo particolare la nuova linea governativa, il cui fortissimo motore è ora rappresentato dal Cavour, e le diverse opposizioni, il dibattito sulla concessione della Torino-Susa, nel '52. Cfr. AP, CD, IV leg., 3^a sess., *Discussion* del progetto di concessione per costruzione della strada ferrata da Torino a Susa, passim.

viario subalpino, Brassey soprattutto, con Jackson ed Henfrey, e Pickering. Comprensibilmente soppiantati dai Belgi nella fase strettamente statale, pre-bellica, dell'impianto, tornano ora in forze coi loro capitali, col loro stile di lavoro, un tantino ... marziano per i Piemontesi, abituati a sorvegliatissimi, meno costosi, ma ovviamente più lenti ritmi di lavoro (47).

E degli Inglesi il governo, ormai saldamente in pugno di Cavour e degli uomini del « connubio », intende servirsi per accorciare le distanze in direzione della Savoia. Per la Torino-Susa, che non si ritiene al momento molto promettente sotto il profilo economico, ci si serve giusto di Brassey, Jackson, Henfrey; e l'impresa viene finanziata inventando addirittura (siamo nel 1852!) un azionariato di Stato. Ancora Brassey costruisce la Torino-Novara (48). Si avvicina la realizzazione di una linea continua da Milano ai piedi del Cenisio.

Anche oltre Ticino i tempi cambiano. Il *business* triestino è al governo nella persona del Von Bruck, e quando poi il capitale internazionale prende in mano, a metà degli anni cinquanta, le linee lombarde (49), anche il vecchio problema della congiunzione delle due reti, lombarda e piemontese, si avvia alla più « naturale » soluzione. Cade la richiesta dell'allacciamento a Vigevano, si appronta la Novara-Magenta, si progetta una Casteggio-Pavia (50). La guerra all'Austria, se si farà, non trarrà motivo e alimento dalle vecchie rivalità. Si penserà a qualche cosa di più decisivo ...

Non che per questo Torino abbandoni ogni piano elvetico, non solo in direzione di Ginevra, ma anche della valle del Reno, come appare evidente dall'azione diplomatica dispiegata nel '50, '51, ed oltre, nella vicina

(47) Thomas Brassey, nel '52, aveva al proprio attivo 1300 Km di linee costruite oltre Manica, 850 in Francia. Il Torelli, nel dibattito parlamentare sulla concessione della Torino-Novara, citava il giudizio che del Brassey aveva dato il ministro francese Magne: « Io preferisco di aver che fare con lui senza altra garanzia che quella che mi dà il suo nome, anziché avere a trattare con intraprenditori francesi ». A proposito del gruppo Pickering, ancora nel dibattito sulla concessione della Torino-Susa, il Cavour notava come, ottenuto un appalto, gli Inglesi sapessero « fare sacrifici immensi, vistosissimi ... onde poter mantenere la loro parola, e compiere la strada all'epoca prefissa ». E aggiungeva: « Io so che gli impresari del paese dicono che gettano i denari, e che essi avrebbero fatto a miglior mercato. Questo è possibile, ma non l'avrebbero eseguita certamente in così breve tempo ». Cfr. AP, CD, IV leg., 3ª Sess., *Discussione del progetto di legge per concessione della strada ferrata da Torino a Novara*, 3-VI-1852, intervento Torelli; ivi, *Discussione del progetto di legge per concessione della costruzione della strada ferrata da Torino a Susa*, 14-V-1852, intervento Cavour.

(48) Su queste concessioni, si vedano i documenti cit. alle nn. che precedono.

(49) Cfr. BERTRAND GILLE, *Les investissements français en Italie (1815-1914)*, Torino, 1968, pp. 162-5.

(50) Cfr. AST, Sez. Riun., S. II ss.ff., M. 42, corrispondenze 1855-6.

Confederazione e in Germania ⁽⁵¹⁾. E tuttavia, se si vuol dotare di ferrovie la Savoia, come ormai appare indispensabile, e farne un'impresa attiva, il valico cui occorre tendere è soprattutto il Cenisio. L'impresa è così cospicua che non resta molto per altre gigantesche imprese del genere. Per questo, probabilmente, l'idea di una Arona-Intra, come l'altra di una Novara-Borgomanero, donde ad Omegna ed Intra, vengono inesorabilmente insabbiate ⁽⁵²⁾. Forse, se fosse piemontese la sponda orientale del lago, la ferrovia si farebbe, e anche l'impresa del Lucomagno verrebbe più seriamente sostenuta. Ma decisa l'interruzione ad Arona, l'appoggio alla nuova compagnia, anche questa inglese, che si occupa della ferrovia dei due laghi, appare, a livello governativo, assai meno deciso che in passato ⁽⁵³⁾. Come già la prima società dalle tempeste del 1847-'48-'49, così la seconda viene, del resto, bloccata dalla crisi finanziaria provocata dalla guerra di Crimea, mentre, in Svizzera, il Lucomagno va sempre più perdendo terreno a favore del Gottardo, cui un maggior numero di Cantoni è ovviamente interessato ⁽⁵⁴⁾. Ed è per la Savoia e il Cenisio

⁽⁵¹⁾ Ampia traccia di questa azione in AST, Sez. Riun., S. II ss.ff., M. 26. Si veda anche il dibattito parlamentare del '52-'53 sulla Novara-Arona, fondamentale per intendere momenti e ragioni dell'iniziativa piemontese al riguardo. Cfr. AP, CD, IV leg., 3^a Sess., *Relazione della Commissione presentata dal deputato Depretis nella seduta dell'11 aprile 1853 sul progetto di legge del Ministero dei Lavori Pubblici per prolungamento della ferrovia da Genova a Novara sino al Lago Maggiore*, cui si trova allegata la *Relazione dell'Ispettore Cav. Carbonazzi al Ministro dei Lavori Pubblici sugli studi per il prolungamento della ferrovia di Genova alla Svizzera*, e *Discussione sul progetto*, dal 29 aprile, con gli importanti interventi Paleocapa, Torelli, Menabrea.

⁽⁵²⁾ Illuminante al riguardo la *Discussione del progetto di legge per la costruzione d'una ferrovia da Novara al Lago Maggiore*, in AP, CD, IV leg., 3^a Sess., 2-3-4-V-1853, interventi Cadorna, Pernati, Cavour. Si veda inoltre CARLO CADORNA, *Della strada ferrata da Genova alla Svizzera ed in ispecie del tronco di essa da Novara al Lago Maggiore. Considerazioni*, Torino, 1853, specialmente pp. 13-14.

⁽⁵³⁾ Il sussidio di 10 milioni per l'ipotetica ferrovia del Lucomagno, votato a conclusione del dibattito sulla Novara-Lago Maggiore, lascia adito a non pochi dubbi sull'effettiva volontà torinese di condurre in porto l'impresa; già li rilevava e se ne difendeva il Cavour, nella *Discussione cit.*, 4-V-1853 intervento *cit.* L'azione spiegata a favore del Lucomagno dal Cavour e dal governo sardo non è comunque in alcun modo paragonabile a quella svolta a favore del Cenisio.

⁽⁵⁴⁾ Sul confronto Lucomagno-Gottardo negli anni cinquanta, le pagine più interessanti ci sono state lasciate da LUIGI TORELLI, da un lato, e da CARLO CATTANEO, dall'altro. Del primo cfr. *Dell'avvenire del commercio europeo ed in modo speciale di quello degli stati italiani. Ricerche*, vol. III, Firenze, 1859, p. 270 sgg. Del secondo cfr. *Il Lucomagno e il Gottardo*, in « *Scritti economici* » a cura di ALBERTO BERTOLINO, vol. III, Firenze, 1956, p. 238 sgg. e alcune lettere importanti sull'argomento, in *Epistolario*, a cura di RINALDO CADDEO, vol. III, Firenze, 1952, pp. 258-60 (27-VIII-1853), 270 (12-IX-'53), ecc.

che ormai si dispiega l'attività promotrice del governo e in particolare del Cavour.

Si vorrebbe far di Chambéry il vertice di un triangolo ferroviario i cui caposaldi fossero Lione e Ginevra. Certo in Savoia si vuole molto, probabilmente troppo. Le posizioni sono ancora quelle degli anni quaranta: sì alla Chambéry-Lione, ma per St. Genix, sì alla Chambéry-Ginevra, ma per Annecy ⁽⁵⁵⁾. L'opposizione, a Parigi e a Ginevra, si fa presto recisa; porterà al naufragio dei piani torinesi del '52 e sembrerà trascinarsi dietro anche l'impresa del Cenisio. Bisognerà acconsentire ai voleri di Parigi e di Ginevra, bere l'amaro calice sino in fondo, dar credito ai finanzieri della « Vittorio Emanuele » che quel credito non hanno davvero meritato, e conceder loro la splendida Torino-Milano per far della compagnia un organismo capace di collaborare efficacemente all'impresa del traforo ⁽⁵⁶⁾.

È il caso di ricordare che lungo la linea del Cenisio, come da quella di Genova, i soldati di Napoleone III scenderanno nel '59 ad aiutare i Subalpini nella loro vittoriosa guerra nazionale? L'anno centenario del Fréjus è pur quello di Roma capitale ...

Intanto il problema della grande galleria ha stimolato l'inventiva. Son venuti, già nel '49 una prima macchina segapietre di Henri Maus, poi gli studi del ginevrino Colladon sull'aria compressa, la perforatrice a vapore dell'inglese Bartlett, un ingegnere che ha a che fare con le ferrovie della Savoia, le proposte del milanese Piatti, per un impiego su vasta scala del medesimo mezzo propulsore, infine la sintesi operativa e innovatrice di Sommeiller, Grandis, Grattoni ⁽⁵⁷⁾.

⁽⁵⁵⁾ Cfr. più sopra nn. 15-18. Per intendere la posizione piemontese nei primi anni cinquanta, gli Atti Parlamentari restano la fonte principale, sia pur da integrarsi con AST, Sez. Riun., S. II ss.ff., MM. 3, 43-4. Si veda inoltre JACQUES LOVIE, *Les tracés du réseau ferroviaire de Savoie sous le régime sarde (1850-1858)*, in « Cahiers d'histoire », T. V, n. 4, Lyon, 1960, p. 345 sgg.

⁽⁵⁶⁾ Alle fonti di cui a n. 54, andranno aggiunti, di AST, Sez. Riun., S. II ss.ff., i MM. 45-8. La più recente e miglior visione d'insieme del tema in GILLE, *Les investissements*, op. cit., pp. 150-8, 162-74.

⁽⁵⁷⁾ Cfr. LIVIO JANNATTONI-FERRUCCIO PISANO, *A cento anni dall'inizio del traforo del Fréjus (1857-1957)*, in « Ingegneria Ferroviaria », a. XII, fasc. 7-8, Roma, luglio-agosto 1957. La documentazione fondamentale per la storia tecnica del traforo in TRAFORO DELLE ALPI TRA BARDONNECHE E MODANE, *Relazione della Direzione Generale delle Strade Ferrate dello Stato*, Torino, 1863, e in *Documenti per la storia del traforo delle Alpi Cozie (Colle del Fréjus)*, Torino, 1911. Agiografia e folclore di epoca, non senza qualche utile notizia di contorno in ENEA BIGNAMI, *Cenisio e Fréjus*, Firenze, 1871, e in EDOARDO BARRAJA, *Il traforo del Fréjus. Storia di uomini e di glorie*, Torino, 1921. Sul contestato apporto del Piatti si veda *L'Ing. Giambattista Piatti e il Traforo del Cenisio*, Milano, 1872. La documentazione di base in AST, Sez. I, Cat. 5, *Privilegi, M. 10 da ordinare (1854-1859)*, fasc. 116 (pratica Grandis-

La funzione incentivante del « collo di bottiglia » ha agito nel caso del Fréjus prima che per qualunque altro valico alpino, e l'esperienza qui effettuata sarà fondamentale per tutti i trafori venuti in seguito ad affrontare analoghe difficoltà: impossibilità di scavo coll'antico metodo dei pozzi — impiegato ad esempio, ai Giovi — aerazione necessariamente forzata delle gallerie, scavi di tale entità da imporre la perforazione meccanica multipla dei fornelli da mina.

Perché proprio il Fréjus, perché il Piemonte? Al primo perché mi pare di aver in qualche misura risposto. Al secondo perché si può rispondere in molti modi, il più cortese dei quali, trovandomi in questa sede, così suggestivamente ricca di ricordi subalpini, potrebbe essere un elogio della vecchia e della nuova gente di Piemonte. Ma io questo lo do per scontato, Vi pare? Oltre tutto sono Vostro ospite ...

Mi preme, invece, metter l'accento su quella che in un non dimenticato lavoro di Nello Rosselli veniva definita fortuna, o « fato benefico », della storia sabauda ⁽⁵⁸⁾. Una fortuna che mi sembra vada attribuita alla localizzazione di questo Paese lotaringico, nella fascia che dai porti nordici, giù per la valle del Reno, al Rodano, alla Padania, al Mediterraneo, tanto ha significato per la civilizzazione europea. Una collocazione strettamente legata al possesso e al controllo di grandi vie di comunicazione, di significato non regionale ma continentale e addirittura intercontinentale; una collocazione che in qualche modo costringe il Paese a star all'erta, a rinnovarsi e a innovare.

Non sta a me dire quale concreta possibilità organizzativa, quali probabilità di successo, abbia il progettato collegamento con Lione e Marsiglia per costruire l'« area forte » meridionale dell'odierna Lotaringia ⁽⁵⁹⁾. Qualche amico lombardo lo definisce fantaeconomico, criticandone, a un tempo, la tendenza a un ulteriore irrobustimento della Padania secondo una linea che par contraria alla politica meridionalistica italiana ⁽⁶⁰⁾. A me pare, in ogni modo, emblematico di una cultura non

Grattoni-Sommeiller), fasc. 126 (pratica Piatti). Un utilissimo regesto del materiale è dato da LUIGI BULFERETTI, *Fonti per la storia della tecnica in Italia*, in « Rassegna Storica del Risorgimento », a. L, fasc. II, Roma, aprile-giugno 1963, pp. 237-241.

⁽⁵⁸⁾ Cfr. NELLO ROSSELLI, *Saggi sul Risorgimento e altri scritti*, Torino, 1946, p. 269.

⁽⁵⁹⁾ Cfr. OBERTO, *Il sistema dei collegamenti*, op. cit., p. 22; MARCHESE, *Scelte politico-operative*, op. cit., p. 84; nella stessa pubblicazione cit., è particolarmente importante l'intervento di ANGELO DETRAGIACHE, che di tale impostazione appare il più convinto assertore. Se ne veda una rapida panoramica anche in CARLO BELTRAME, *Il piano di sviluppo regionale per il Piemonte e le sue articolazioni a livello locale*, in « Esperienze Amministrative », a. VIII, n. 5, Milano, giugno 1966, particolarmente pp. 24-5.

⁽⁶⁰⁾ Cfr. TARULLI, *Problemi della viabilità alpina*, op. cit., p. 21.

solo civilmente viva ma saldamente innestata alla propria storia. Torino, una volta ancora, sente fortemente la vocazione europea, e mentre si proietta verso i valichi occidentali, bada a legare il sistema portuale ligure alla propria prospettiva.

Certo sono scelte che condizionano il futuro piemontese, ligure, ma anche lombardo o più largamente padano. Da lombardo — anzi da pavese — innamorato della Vostra storia e convinto che abbiate delle gran buone carte in mano, vorrei dirVi come mi piacerebbe che la Vostra frontiera operativa fosse spostata un tantino ad Est ... Fuor di scherzo posso solo auspicare che le vostre scelte operative siano ben centrate, e che un efficace coordinamento con le altre aree comunque interessate alle Vostre iniziative porti sempre a una visione globale dei problemi in campo, eliminando quegli scompensi, quegli errori, che la spezzettazione dei poteri progettuali e decisionali non può non produrre.

Grazie per l'attenzione cortese e compatitemi se Vi ho annoiato.



**Dal Fréjus al Gottardo e al Sempione:
sviluppo economico dell'Italia Settentrionale
e dislocazione degli scambi nell'area europea.**

È noto come l'apertura della linea del Fréjus nel settembre 1871 venisse a coronare, sia pur in mutate circostanze storiche, l'opera di rinnovamento intrapresa in Piemonte dalla classe dirigente subalpina quindici anni prima, nel periodo risorgimentale, in coincidenza con i problemi, di alleanza politica e di avanzamento economico posti dal processo di unificazione nazionale. Tuttavia, a dieci anni dall'Unità, il traforo del Fréjus non sanciva soltanto la realizzazione integrale del vecchio disegno cavouriano di apertura del Piemonte, delle « antiche province », all'Europa occidentale ed in particolare alla Francia, ma investiva più in generale, per la sua stessa configurazione di prima grande linea ferroviaria alpina di collegamento internazionale, la fisionomia e gli obiettivi di fondo della politica commerciale italiana e dell'interscambio con l'estero.

In effetti, ad accelerare i lavori di compimento della galleria del Cenisio, era intervenuta l'approvazione nel novembre 1863, da parte della Camera, del trattato di commercio con la Francia, la cui discussione aveva segnato un momento fondamentale nelle scelte di politica economica della nuova classe dirigente unitaria e rappresentato, insieme, un decisivo terreno di confronto delle diverse correnti di opinione e di interessi economici emerse in Italia subito dopo l'unificazione nazionale. Era stato in quella circostanza uno dei più autorevoli esponenti della Destra storica, il ministro degli esteri Visconti Venosta, a rivendicare nel trattato italo-francese una legittima continuità tra la politica del nuovo regno d'Italia e quella del vecchio stato subalpino, in nome di quei « principi di libertà economica » che, a suo giudizio, « avevano prevalso in Piemonte in nome di tutta Italia ». Ma i fattori politici ed economici portati a giustificazione dello sviluppo degli scambi con la Francia erano stati illustrati più puntualmente e nel loro significato specifico da Antonio Scialoia, il massimo e più consapevole artefice del trattato. Era buona politica — affermava sostanzialmente lo Scialoia — strin-

gersi alla Francia in un momento in cui, dopo il trattato con l'Inghilterra del 1860, essa si poneva sulla nuova via della libertà commerciale. Era un fatto che quasi tutti i paesi europei si erano affrettati a trattare con la Francia: ma — aggiungeva lo Scialoia — «chi tratta con essa non può fare a meno di trattare con chi, a sua volta, le si colleghi mediante vincoli commerciali: gli interessi economici infatti ormai soppraffanno fatalmente i puntigli dinastici e le ombrosità orgogliose di schiatte e di preminenze. L'Austria è così rimasta isolata, perché tutti gli stati tedeschi stanno ormai per riconoscere il nuovo stato italiano». Insomma, concludeva lo Scialoia, «un nuovo stato non doveva lasciarsi sfuggire alcuna delle occasioni propizie per interessare le altre nazioni a trattare con esso, cioè ad affermarlo, a riconoscerlo, ed a sorreggerlo».

Per altra parte, sotto il profilo economico, l'approvazione del trattato di commercio con la Francia aveva rappresentato, per le cospicue concessioni doganali offerte senza alcun correttivo agli ambienti economici transalpini in materia di esportazione in Italia di prodotti industriali e per le successive estensioni ad altri contraenti, una battuta d'arresto nel processo di sviluppo industriale del Paese e nell'espansione dei suoi meccanismi produttivi, ancora troppo deboli e precari per sopportare d'un tratto gli oneri e i rischi di una liberalizzazione doganale, che, d'altra parte, più che rappresentare un incentivo all'ammodernamento dell'apparato tecnologico ed organizzativo, costituiva a priori una precisa scelta di qualificazione economica in ben altra direzione. Il trattato italo-francese aveva sanzionato infatti il privilegiamento degli interessi agrari e delle esigenze più elementari dei settori agricoli-manifatturieri, già avvantaggiati dall'estensione nel gennaio 1861 della tariffa liberista piemontese a tutte le provincie del nuovo regno, che aveva modificato in favore dei primi il rapporto di scambio fra prodotti agricoli e prodotti industriali. Per queste ragioni, aspra e vivace era stata in Parlamento l'opposizione della sia pur esigua schiera dei rappresentanti dell'industrialismo italiano. Al contrario, l'approvazione del trattato era stata rivendicata a livello di opinione pubblica e sostenuta poi in aula, su larga base maggioritaria, dagli esponenti e dalle clientele politiche della proprietà fondiaria, dei produttori di sete e di materie prime e di semilavorati, che costituivano del resto il tessuto economico-sociale di base del partito moderato e della classe dirigente uscita dalle lotte risorgimentali. In ogni caso, l'inaugurazione su larga scala di nuovi rapporti commerciali con la Francia aveva coinciso con l'adozione di tariffe daziarie estremamente miti in comparazione ad altri Paesi: la dogana italiana prelevava soltanto lo 0,80% sul valore delle merci importate contro il 5,30% di quella francese, il 4,77% di quella austriaca, il 4,30% di quella germanica e l'1,09 di quella britannica. Onde l'applicazione del trattato italo-francese aveva segnato

l'affermazione in Italia (in misura talmente radicale che neppure i successivi ritocchi intervenuti nel 1864 e nel 1866, per le necessità contingenti della finanza pubblica, riuscirono sostanzialmente ad intaccare) dei più integrali principi del libero-scambismo, destinati a condizionare in questo senso, per circa un ventennio, sia le linee fondamentali di formazione della nostra politica economica, sia la dinamica d'interessi dei diversi settori produttivi e delle diverse zone geografiche del paese. Ed è appunto in tale contesto che va esaminata la funzione assunta dal 1871 dalla nuova arteria del Fréjus. In linea di principio, sia il disegno originario, sia gli ulteriori impegni politici e finanziari assunti per l'attuazione definitiva dell'opera, rientravano nello svolgimento della politica economica liberista, di cui l'intensificazione degli scambi con la Francia costituiva appunto la nota più rappresentativa. E, tuttavia, la realizzazione del Fréjus veniva a cadere dopo il '70 con una riformulazione più ambiziosa e a largo raggio di tale politica da parte della classe dirigente italiana. Il taglio del canale di Suez, l'allargamento dei traffici marittimi, l'estensione della libertà di navigazione della nostra marina, la firma di nuove convenzioni di navigazione, per lo più connesse a trattati di commercio improntati tutti sul metro del più schietto liberismo, avevano riproposto il problema dell'effettiva collocazione dell'Italia nel contesto economico europeo, del ruolo «naturale» che il nostro Paese avrebbe dovuto ricoprire nella divisione internazionale del lavoro. E si era diffusa la fiducia, se non la convinzione, appena venata dagli umori polemici dei ceti industriali sacrificati dai vantaggi differenziali concessi al settore agricolo, di un ritorno quanto mai prossimo della penisola a quella preminenza nei traffici intercontinentali, a quella funzione di tramite fra occidente ed oriente, che era stata prerogativa di altri periodi storici, ma che ora si pensava di poter restaurare nella misura in cui venisse sancito ulteriormente l'indirizzo libero-scambista attraverso l'abolizione integrale di limiti e di restrizioni doganali e una politica di adeguate concessioni al commercio di transito. In questa prospettiva, di mediazione fra i grandi mercati dei paesi industriali dell'Europa nord-occidentale e quelli dei produttori di materie prime, la linea del Fréjus sarebbe stata chiamata ad assolvere ad un compito fondamentale di raccordo dei traffici internazionali, e, ove collegata ad un efficace sviluppo delle linee ferroviarie interne ed alla ristrutturazione dei porti italiani, a costituire il tratto essenziale della « valigia delle Indie », ossia del grande commercio a distanza fra le zone più sviluppate del continente europeo e il Levante, le coste dell'Africa nord-orientale e i territori dell'Oceano Indiano.

La realtà economica del Paese doveva rivelare tuttavia, di lì a qualche anno, l'intrinseca debolezza di queste previsioni. Mentre le esportazioni

agricole non riusciranno mai a compensare il costo delle importazioni di prodotti industriali (con i relativi effetti negativi sulla situazione della finanza pubblica), la prospettiva di valorizzare il traforo del Fréjus come grande asse internazionale, in funzione di una ripresa in grande stile delle potenzialità commerciali della penisola, verrà a cadere progressivamente per la mancata promozione di un'attrezzatura meccanica e metallurgica idonea a sorreggere la trasformazione tecnica della nostra marina mercantile; ma, più in generale, per la stessa carenza di base di una produzione industriale nazionale in grado di orientare e di alimentare autonomi servizi di trasporto e di navigazione, di competere con le agenzie commerciali straniere, di stabilire, in ultima analisi, un più conveniente equilibrio fra importazioni ed esportazioni. In queste condizioni, la possibilità di attivare efficaci canali di mediazione internazionale e di vivace ripresa commerciale interna, a cui si era guardato inizialmente con lo sviluppo della nuova linea del Fréjus, rimasero in gran parte compromesse: anche per il frazionamento del sistema ferroviario della penisola ed il costo eccessivo del trasporto merci sulle linee interne, molte delle quali erano gestite, d'altro canto, con intenti puramente speculativi, da vecchie compagnie straniere. Date queste premesse, il Fréjus ebbe a rivestire fra gli anni settanta e ottanta un'importanza limitata per lo più all'economia del versante nord-occidentale della penisola: di Torino e delle province piemontesi (grazie, peraltro, alla fitta rete di comunicazioni preesistente o in corso di esecuzione fra la vecchia capitale subalpina ed i centri periferici) e in parte, ma in maniera diseguale, dei porti liguri di Genova e di Savona. E tuttavia, anche da questo angolo limitato, la moderna linea di comunicazioni aperta fra le Alpi nel 1871, più che introdurre nuovi incentivi di sviluppo e di trasformazione nell'economia piemontese, finirà alla distanza per contribuire all'irrigidimento in sede locale di vecchi equilibri e stratificazioni produttive. Sia per il movimento dei capitali e dei prodotti industriali d'importazione, sia per quello di uscita delle derrate agricole, dei semilavorati e delle eccedenze di mano d'opera e, dopo il 1871, per lo stesso allineamento delle comunicazioni ferroviarie locali ad un certo sistema dei traffici internazionali operante nell'area di specifici interessi economici transalpini, il Piemonte continuerà in effetti a rimanere ancorato in prevalenza alla vecchia area economica di scambi del sud-est francese, ai grandi centri di attrazione commerciale urbana ed industriale di Lione e di Marsiglia, della valle del Rodano; ma anche a costituirne la propaggine periferica più debole. Onde le scelte e gli strumenti operativi del mercato finanziario piemontese saranno caratterizzati per tutto il ventennio successivo l'Unità, al confronto di altre piazze della penisola, da una assai più marcata dipendenza non solo nei riguardi dell'alta banca parigina, ma anche della pic-

cola e media finanza delle più vicine provincie francesi. Quanto agli investimenti, il sistema bancario piemontese (a differenza che in altre regioni europee dove il binomio banca-ferrovia ebbe ad agire per una rottura dei vecchi equilibri produttivi e per una intensa maturazione della vita economica) non venne offrendo dopo il settanta altre alternative al di fuori di quelle delineatesi dal 1863 con lo schieramento degli interessi clientelari preesistenti realizzato intorno al Banco Sconto e Sete sotto l'egida dei Rothschild, per tenere sotto controllo, in stretto rapporto con la politica liberista, i principali meccanismi di gestione dell'economia locale: dalla lavorazione serica all'andamento del settore immobiliare e delle opere di trasformazione fondiaria, alla distribuzione e circolazione della produzione agricola, in coincidenza con il finanziamento delle imprese ferroviarie regionali e l'assunzione dei docks torinesi, importanti per il traffico dei manufatti serici, delle granaglie e del vino per la Francia. In questa situazione, la linea del Fréjus concorrerà pertanto a ribadire quella prospettiva di organizzazione dell'economia locale (che il progrediente corso liberistico aveva implicitamente riconosciuto e l'egemonia dell'alta finanza internazionale si incaricava da parte sua di mantenere) ancorata alla scelta di un preciso e ben delimitato modello di sviluppo, essenzialmente agricolo-manifatturiero, spinto non oltre la soglia del rafforzamento dei settori produttivi direttamente connessi all'esportazione di materie prime e semilavorate. Il traforo del Fréjus verrà, anzi, a rafforzare da vicino il vecchio predominio dell'industria serica. Grossi interessi agricoli e finanziari (questi ultimi estesi sino alla partecipazione dei banchieri-filandieri torinesi alla realizzazione delle « vie della seta » ferroviarie e stradali), nonché industriali e mercantili stranieri vi trovavano, del resto, adeguata rappresentanza e più di un punto di convergenza e di reciproca saldatura. Su questo sfondo, del controllo della lavorazione e del commercio serico, si era ingaggiata dagli anni sessanta la lotta dei rappresentanti del capitale finanziario francese nei confronti di altri comprimari del mercato, di filiazione svizzera. Ma proprio il rafforzamento dei contatti diretti attraverso la nuova linea del Fréjus, pur senza escludere il collegamento con Ginevra e la Svizzera occidentale, era venuta a ribadire negli anni successivi la volontà delle agenzie del sud-est francese di ridurre l'estensione dei traffici liguri-piemontesi in direzione dell'Europa centrale; e consolidato, per contro, l'influenza degli interessi mercantili francesi sui produttori piemontesi, che non solo si erano rivolti alle case marsigliesi per l'importazione di seme-bachi non infetto negli anni di insorgenza della pebrina, ma che contavano pure, da tempo, per la concessione dei necessari anticipi di capitale, sui banchieri privati lionesi in vivace concorrenza fra di loro ed anche con i più grossi istituti regionali e di interesse nazionale. D'altra parte, per lo stesso commercio

di esportazione di seta greggia e di organzini dalle provincie piemontesi, ed in parte anche da quelle lombarde, verso l'Inghilterra, il mercato di transito e di negoziazione di Lione era rimasto, a maggior ragione dopo l'attivazione della linea del Fréjus, un punto di riferimento e di passaggio pressoché obbligato.

Tre diversi fattori di natura politica ed economica dovevano rimettere in discussione nel corso dell'ultimo quindicennio del secolo, sia l'impostazione generale della politica commerciale italiana, sia l'intera struttura e geografia degli scambi quali si erano andate affermando con la dislocazione dei vari interessi agricoli-manifatturieri ed industriali intorno al trattato italo-francese e allo sviluppo della linea del Fréjus. In primo luogo, la firma nel maggio 1882 della Triplice alleanza con l'Austria e la Germania; quindi, il radicale capovolgimento dell'indirizzo liberista con l'adozione nel 1887 di tariffe fortemente protettive del settore industriale; e infine, nel 1888, l'inizio della « guerra doganale » con la Francia. Non solo si deteriorava, a partire dal 1881-1882, il clima politico che aveva caratterizzato fino allora le relazioni con la Francia, ma si allentavano anche gradualmente, sino alla definitiva rottura del 1888-89 e quindi alla faticosa ripresa dei primi del '900, i rapporti con gli ambienti economici transalpini, attivi per l'innanzi non soltanto a livello finanziario e nella sfera delle operazioni legate al debito pubblico italiano, ma pure nei settori immobiliare e bancario, dei trasporti secondari, dei servizi e delle infrastrutture dei maggiori centri urbani, delle ferrovie e della finanza locale. In questa nuova congiuntura, il collegamento internazionale attraverso il Fréjus verrà a perdere molta della sua primitiva importanza. Mentre, rottosi il cordone ombelicale che la legava alla vecchia area di scambi del mercato nord-occidentale, anche l'economia piemontese che, non contando su un mercato regionale di consumi sufficientemente ampio aveva puntato molte delle sue carte sulla promozione di un commercio di transito fra le zone di approvvigionamento e i più vasti mercati nazionale ed internazionale, subirà una fase prolungata di recessione produttiva e di crisi finanziaria, con accentuati segni di disorientamento anche a livello politico ed una ripresa delle tradizionali insofferenze regionalistiche.

La vecchia struttura degli scambi italiani nell'area continentale subiva, in ogni caso, una radicale modifica: in direzione, da una parte, di un'intensificazione delle relazioni commerciali con il centro-Europa; e, dall'altra, di una netta riqualificazione all'interno degli investimenti industriali. Ne usciva avvantaggiata, in primo luogo, la Lombardia cui la ferrovia del Gottardo, inaugurata nel gennaio 1882, imprimerà nuova vitalità e capacità di espansione economica. Apparentemente, si trattava pure per la Lombardia, come per il Piemonte, di una ripresa su più larga scala di quei legami con un'area di gravitazione economica di derivazione tradi-

zionale, in questo caso «mitteleuropea», che già avevano condizionato negli anni precedenti l'Unità sia la composizione degli scambi, sia la configurazione degli ordinamenti produttivi locali e dei relativi gruppi economico-sociali di reddito e di potere, sorti e sviluppatisi nel primo Ottocento in funzione delle esigenze sussidiarie e di collegamento mercantile stabilite via via dai Paesi già guadagnati alla «rivoluzione industriale». Ed è anche un fatto che negli anni successivi questa serie di vincoli e di condizionamenti esterni continueranno ad agire, se non altro per la loro stessa «forza di conservazione», sul processo di formazione e di sviluppo economico della regione lombarda, nonché sul diverso atteggiarsi dei ceti economici locali. Tuttavia, la struttura economica della Lombardia possedeva già, in se stessa, alcuni elementi propulsivi autonomi, di derivazione da attività preesistenti o di nuova elezione (dalla progressiva separazione fra agricoltura ed esercizio manifatturiero all'evoluzione dell'industria cotoniera, della tessitura serica e dell'industria meccanica, allo sviluppo della siderurgia, all'organizzazione di nuovi servizi ed infrastrutture), capaci di avvalersi, o quanto meno di mediare attivamente gli influssi e le spinte dinamiche del mercato internazionale in funzione di una propria, reale alternativa di evoluzione economica.

Non solo. Milano già avanzava, con il Gottardo, quella candidatura a centro nevralgico dei traffici internazionali e degli scambi fra le varie zone della penisola che vent'anni più tardi, nel 1906, sarà sancita definitivamente, ed in maniera assai più autorevole, con il traforo del Sempione. Un'opera, quest'ultima, la cui importanza va giudicata anche in relazione, da una parte, alle funzioni di «piattaforma girevole» delle comunicazioni continentali assunta dalla Svizzera e alla ristrutturazione in quegli stessi anni dei canali e dei porti lungo l'antica «via del Reno»; e allo sviluppo, dall'altra, dei traffici dalla Francia verso il sud-est europeo. Oltretutto, il nuovo transito del Sempione, a differenza della tratta del Fréjus (già condizionata, di per se stessa, da alcune caratteristiche tecniche e ambientali che impedivano il raggiungimento di grandi velocità e di rilevanti quantità di tonnellaggio trainabile), verrà corredato dal rammodernamento di scali e servizi commerciali. Tutto ciò permetterà a Milano (al centro, del resto, delle ricche zone agrarie della val Padana e di una cintura di piccoli e medi centri urbani particolarmente dinamici, ai bordi delle Alpi) di conseguire una situazione estremamente favorevole: non solo nello sviluppo delle comunicazioni fra la penisola e l'Europa centro-occidentale, ma anche nell'ambito delle nuove grandi correnti del traffico internazionale. Onde, in coincidenza con i primi del '900 si registrerà, nell'ambito dello stesso «decollo» economico dell'Italia settentrionale, del cosiddetto «triangolo industriale», una differenziazione di posizioni e di ritmi di sviluppo: più alti e rapidi in Lombardia (capace,

oltretutto, di attrarre nella sua orbita, grazie ai collegamenti periferici già stabiliti con le nuove linee internazionali del Gottardo e del Sempione, anche parte dell'entroterra piemontese, dalle zone industrializzate del Biellese a quelle agrarie del Novarese e del Vercellese). Mentre pure la Liguria, e in particolare il Genovesato, risentirà più proficuamente dei collegamenti ora stabiliti, in maniera funzionale alle potenzialità finanziarie ed allo sviluppo della sua industria metalmeccanica e cantieristica, con un centro ad alto livello produttivo e commerciale come Milano. Relativamente più bassi e lenti si presentano, per contro, gli indici di sviluppo della regione piemontese, dove solo la graduale sostituzione verso gli anni novanta del capitale svizzero-tedesco alla tradizionale influenza francese verrà a rompere, con un'industria cotoniera accentrata e tecnicamente evoluta, sia la prevalenza della lavorazione serica nelle campagne, sia, almeno in alcuni centri, la « presa » delle tradizionali strutture agricolo-manifatturiere. Per non parlare di Torino, dove solo l'avvento dell'industria automobilistica giungerà infine a trasformare, entro il primo decennio del '900, la capitale subalpina da grossa concentrazione di artigianato urbano intorno ai vecchi nuclei degli impianti militari statali in una moderna città industriale.

Per altra parte, il traforo del Sempione, come quello del Gottardo (frutto di finanziamenti congiunti italiani, svizzeri e tedeschi), era il risultato non solo della convenzione stipulata nel 1895 fra il Consiglio federale svizzero ed il Governo italiano, ma anche di un progetto elaborato su larga base internazionale da un collegio peritale cui avevano partecipato anche esponenti inglesi ed austriaci; mentre i lavori erano stati affidati ad una compagnia di imprenditori svizzeri-tedeschi con sede a Winterthur. Ed in questo senso le stesse modalità di realizzazione indicavano più di una novità.

Dietro lo scadimento dei rapporti economici con la Francia si era, in effetti, delineata fra l'ultimo quindicennio dell'800 ed i primi del '900 una nuova dislocazione della politica commerciale italiana. Mentre il volume complessivo dell'interscambio con la Francia si riduceva dai 751 milioni del 1887 ai 275 del 1894 (cifra pur sempre indicativa della caduta pressochè « verticale » dei precedenti strettissimi rapporti commerciali, anche tenendo conto della graduale discesa dei prezzi internazionali verificatasi nella prima metà degli anni novanta), cresceva, per contro, il volume degli scambi con la Svizzera e si stipulavano nuovi trattati commerciali con l'Austria-Ungheria (1887 e 1891), con la stessa repubblica elvetica (1889 e 1892) e con la Germania (1891). In pratica, l'Europa centrale, attraverso i transiti del Gottardo e del Sempione, si sostituiva alla Francia, e in parte all'Inghilterra, come mercato di sbocco dei nostri prodotti agricoli e di alcuni semi-manifatturati. È vero che,

in compenso, l'Italia mitigava le tariffe doganali per alcuni prodotti dell'industria meccanica, elettrica e chimica di provenienza svizzera e tedesca. E tuttavia, già con i successivi trattati del 1904-1906, quantunque elaborati al fine di conservare pur sempre un adeguato sbocco per i prodotti agricoli, l'apparato industriale italiano mostrava ormai di aver superato la fase del « decollo » e di voler provvedere non solo a coprire i residui spazi del mercato interno lasciati per l'innanzi alla concorrenza di alcune industrie specializzate straniere, ma di trovarsi ormai di fronte alla necessità di incrementare le esportazioni, di ricercare propri ed autonomi mercati di espansione.

Si apriva così, dopo la crisi economica del 1907-1908, una nuova fase che, se pur non intaccherà immediatamente la sostanziale prevalenza delle tradizionali correnti di traffico (ora riattivate, dopo l'accordo del 1898 con la Francia, anche sulla vecchia linea internazionale del Fréjus), comporterà nondimeno uno spostamento graduale degli interessi commerciali italiani verso altri versanti: verso alcuni paesi agricoli, in primo luogo quelli balcanici, che ora apparivano fra i potenziali clienti della nuova industria italiana, ma ai quali bisognava concedere in cambio concrete agevolazioni per l'esportazione dei loro prodotti.

Un nodo questo che, mentre chiamava in causa l'opportunità di un'estensione verso il versante orientale, ed anche di un controllo diretto, di attrezzature ferroviarie e di scali marittimi adeguati, a sostegno di un'intensificazione degli scambi e degli investimenti sulla direttrice danubiana e del sud-est europeo, caratterizzerà per larga parte non solo le vicende economiche, ma pure l'atteggiamento degli ambienti finanziari ed industriali e della stessa classe politica avanti e ancor oltre l'intervento dell'Italia nella prima guerra mondiale.

NOTA BIBLIOGRAFICA

Oltre all'analisi sullo sviluppo dei rapporti con la Francia e sulla funzione assunta dalla linea del Fréjus nel contesto dell'economia piemontese, di cui al nostro volume *Economia e società in Piemonte dall'Unità al 1914* (Milano, Banca Commerciale Italiana, 1969), qui richiamata, vanno ricordate altre opere di base per la elaborazione e la documentazione del presente saggio. In particolare: G. ARE, *Il problema dello sviluppo industriale nell'età della Destra*, Pisa, Nistri-Lischi, 1965; L. IZZO, *Storia delle relazioni commerciali tra l'Italia e la Francia dal 1860 al 1875*, Napoli, E. S. I., 1965; B. GILLE, *Les investissements français en Italie (1815-1914)*, Roma, Archivio dell'Unificazione Economica Italiana, 1968; e A. PEDONE, *La politica del commercio estero*, in « Lo sviluppo economico in Italia », a cura di G. Fuà, vol. II, Milano, Angeli, 1969.

L'importanza delle grandi vie di comunicazione per lo sviluppo tecnologico ed economico.

(Relazione introduttiva).

Invitato dal Presidente dell'Accademia a fare una relazione introduttiva alla relazione di un tecnico delle comunicazioni, quale è il Prof. Zignoli, e di un sociologo ed economista, quale il Prof. Detragiache, sul tema generale della importanza delle grandi vie di comunicazione per lo sviluppo tecnologico ed economico, ho anzitutto riflettuto quale potesse essere lo specifico titolo che mi legittimasse anche soltanto ad accettare il lusinghiero invito. Il mio modesto titolo è soltanto quello di essere stato un *faber* in questa materia, proprio in quel periodo in cui in Italia si è posto, nello slancio della ripresa economica, il problema delle grandi comunicazioni; in Piemonte questo problema assumeva un suo particolare risalto ed una sua fisionomia per la posizione geografica della nostra regione — periferica rispetto al territorio nazionale, in posizione chiave per un discorso supernazionale ed europeo — e per le complesse esigenze tecniche con cui per essa si poneva il problema di inserimento nei grandi assi di comunicazione vincendo le difficoltà che opponevano le montagne che da tre parti ci circondano. La necessità di non perdere l'autobus su questo punto trovò nella Provincia di Torino l'ente coordinatore e catalizzatore delle diverse forze di iniziativa, che ha portato innanzi un piano organico, che oggi costituisce una fondamentale intelaiatura base per lo sviluppo di programmazione cui è chiamata la Regione. Alla impostazione, e in gran parte alla realizzazione, di tale piano ho avuto la ventura di poter dedicare per molti anni, come Presidente della Provincia di Torino, la passione di uno slancio entusiasta e disinteressato. Ma l'essere stato *faber* in un campo determinato, e l'aver conservato per divisa la umiltà del *sic vos non vobis*, mi legittima forse a prender la parola su un tema generale, in un convegno a cui studiosi e scienziati sono chiamati a portare il rigore dei loro studi? Dirò che io ho recato nella mia attività di pubblico amministratore l'abitudine di riflettere su me stesso e sulla mia esperienza, facendone una problematica, attitudine che derivava

forse dalla mia qualità di uomo di studio, sia pure in campi diversi; inoltre la Provincia di Torino, per integrare la impostazione delle sue iniziative nel quadro di studi organici, creò appunto, anticipando sui tempi, un Istituto di ricerche economiche e sociali (IRES), di cui fui per molti anni presidente (appunto per una simbiosi di iniziativa politica e di approfondimento tecnico programmatico); di questo istituto sono stati direttori, prima il Prof. Lombardini, poi il Prof. Detragiache, entrambi relatori in questo convegno. Ciò valga a spiegare perché alla fine ho ceduto alle cortesi insistenze ed ho accettato di presentare, a titolo introduttivo, alcune riflessioni generali nascenti dalla mia « problematica di esperienza ».

Che tanto lo sviluppo tecnologico quanto quello economico ricevano impulso dalle vie di comunicazione — e possano anzi esserne condizionati — è, mi pare, osservazione lapalissiana, come per altro verso quella che lo sviluppo della tecnica condiziona e determina lo sviluppo stesso delle comunicazioni. La più perfetta coincidenza di queste due proposizioni reciproche può constatarsi in rapporto allo sviluppo tecnico dei mezzi di trasporto ed al significato che tale sviluppo occupa sia nella tecnologia sia nell'economia; si pensi allo sviluppo della motorizzazione, al carattere, già determinante in tutti i settori, del mezzo automobilistico, all'impulso che ne è venuto per un rinnovamento della comunicazione ferroviaria ed al ritmo intenso di crescita della via dell'aria, al tasso di crescita del ritmo della produzione automobilistica, pur nello stadio già raggiunto, al significato qualificante che l'automobile ha assunto nella vita della società di oggi, al peso della industria automobilistica ed alla sua posizione nei confronti dello sviluppo tecnologico, e si avrà la misura, da un lato della essenzialità di vie di comunicazione sempre più vaste ed adeguate a tutti i livelli (e di un organico ordinamento relativo) per lo sviluppo tecnologico di questo settore produttivo, e dall'altro lato del ritmo che le stesse comunicazioni ricevono dallo sviluppo tecnico dei mezzi di trasporto.

Torino potrebbe essere da questo punto di vista un osservatorio di natura particolare, in quanto l'economia industriale torinese si è sviluppata per la maggior parte intorno all'industria dell'automobile. Ci basta qui fare la constatazione, senza accennare ai problemi che ciò pone dal punto di vista della programmazione economica regionale in Piemonte; e in base a tale constatazione, per la visuale che abbiamo prospettata, potremmo sottolineare la partecipazione della FIAT alle iniziative autostradali e di trafori stradali; e potrebbe essere utile compararne gli atteggiamenti nei confronti delle partecipazioni di altri gruppi finanziari privati, per determinare quanto in questo interesse della grande industria automobilistica all'apertura di vie di comunicazione pesi l'interesse generale tecnologico e produttivo collegato alla circolazione.

Ma una impostazione generale del problema che forma oggetto di questo convegno non può certo limitarsi al particolare interesse tecnologico dell'industria automobilistica ed alla particolare situazione economica di Torino (anche se il processo irreversibile della crescita automobilistica abbia ispirato in Italia una scelta fatta nel settore a capitale pubblico della economia produttiva, colle previsioni che hanno accompagnato le determinazioni relative alla creazione dell'Alfa Sud da parte dell'IRI). L'aver concentrato il tema sulle grandi comunicazioni dà ad esso una sua individualità nei confronti di quelli che possono essere gli sviluppi impliciti in una « psicologia », « filosofia », o anche « civiltà », dell'automobile (con tutti i problemi, anche di disciplina, che questo sviluppo importa se si vuole considerare il mezzo al servizio dell'uomo e non permettere che l'uomo si riduca al servizio del mezzo); nel tema delle grandi comunicazioni c'è sempre un problema di fondo, a cui il mezzo è strumentale, e tale problema di fondo, se da un lato delimita il campo, dall'altro lato importa una maggiore apertura, sia per quanto riguarda la natura della comunicazione, sia per quello che concerne l'impulso tecnologico ed economico. E in questa apertura tecnica delle grandi vie di comunicazione si inserisce pure vivacemente l'ingente sviluppo delle telecomunicazioni (telefono, telegrafo, comunicazioni radiofoniche e televisive ecc.), che operano però su diversi piani e nelle loro applicazioni più avanzate e più estese vengono a interessare un più vasto problema di comunicazioni ed informazioni di massa che ha una sua individualità ed investe la stessa personalità e libertà dell'uomo, trascendendo il tema più specifico del nostro dibattito.

Orbene, è palese che c'è tutta una scala di prospettive tecnologiche ed economiche su cui si inserisce, nei diversi settori, l'importanza delle vie di comunicazione, in particolare delle grandi comunicazioni; p. es. diversi prodotti e diversi processi di produzione potranno essere variamente graduati in rapporto a diversi coefficienti territoriali, tra i quali quello collegato alle comunicazioni, e così è per altre attività economiche. Ma allora dominante è il problema della scelta; ed è questo uno dei problemi in cui si incrociano economia, tecnologia-tecnocrazia e politica e in cui si debbono mettere a fuoco problemi di rapporti tra queste sfere.

Ma, se delle sfere indicate la più vasta è ovviamente quella politica, sarà bene, proprio in rapporto ad essa, ricordare che nella storia della apertura delle grandi vie di comunicazione notevole parte hanno avuto le ragioni di guerra, di conquista e di imperialismo. C'è bisogno di ricordare l'esempio di quei grandi costruttori di strade che furono i Romani? e se non temessi di essere accusato di far sfoggio di preziosismi in un campo peculiare dei miei studi, potrei sottolineare come, anche risalendo ad una fase primitiva della società romana, ai più antichi passaggi che segnano

nel diritto romano la genesi delle servitù tra i fondi, la menzione che, per la particolare servitù di *via*, si fa, ancora in epoca avanzata, di un *hastam rectam ferre* sembra recare una reminiscenza militare di antichi passaggi a scopo di guerra, il che ha fatto sbrigliare la fantasia dei romanzisti sui problemi di origine; ma possiamo lasciar da parte queste fantasie sulla storia delle origini, e ci bastano gli esempi concreti che la storia ci presenta. I fini di guerra — i fini militari in genere — del resto hanno sempre rappresentato un cospicuo stimolo di sviluppo tecnologico, e si può dire anzi che si tratta forse di una delle più antiche rilevanti espressioni tecnologiche; e d'altra parte, anche senza fare generalizzazioni, si può dire che la guerra può talora essere definita come una espressione (deprecabile!) di politica economica (di espansione, di imperialismo, o anche di difesa), mentre per altro verso anche la « pacifica » penetrazione economica può assumere posizioni di lotta, di sfruttamento, di dominazione imperialistica. La distinzione tra vie di comunicazione costruite a scopi militari e vie instaurate per pacifici rapporti di scambi va dunque intesa *grosso modo* in rapporto ad una valutazione immediata estrinseca; ma, anche enunciando tale distinzione in tal senso, si deve avvertire che anche le vie costruite prevalentemente a fini militari, di guerra o di dominazione, al di là dei fini militari o superati questi, si riflettono in una vasta esplicazione di sviluppo economico e di rapporti di pace; la realtà stessa delle vie di comunicazione e delle loro implicazioni supera lo stesso fine per cui tali vie di comunicazione vengono istituite.

Questa obbiettiva espansione di effetti, e insieme la convertibilità di essi, mette a fuoco anche la connessione di altre prospettive; anche senza voler qui ipotizzare addirittura una possibile inversione di rotta nella direzione degli scambi e degli sviluppi, possiamo considerare la possibilità che le stesse direttrici delle comunicazioni possano variare o accrescere gli scopi a cui servono; p. es. possiamo valutare l'espansione di tali scopi sul terreno culturale o su quello più propriamente sociale. E qui può essere permesso a chi reca appunto una esperienza di uomo pubblico di insistere sulla necessità di combattere certe formule usate come slogans nel mondo politico, che investono in particolare i problemi di comunicazioni, in una prospettiva economica che viene contrapposta a quella sociale, come è quando si accusano le autostrade di servire in particolare agli interessi di grossi complessi economici ai danni di servizi sociali più immediati. È chiaro, ma deve essere sottolineato, che non esiste una contrapposizione in tal senso tra sfera economica e sfera sociale; non vi è un'alternativa di fondo tra la costruzione di vie di comunicazione (strade, autostrade, aeroporti ecc.) e la costruzione p. es. di scuole e di ospedali (per prendere gli esempi più drastici); sono tutte esigenze primarie e vitali, che richiedono un certo grado di soddisfazione, che può considerarsi

come minimo indispensabile; quando poi, al di là di tale grado, considerato come minimo, occorre concretamente fare una scelta prioritaria, per limitazione dei mezzi di investimento, tale scelta non può essere aprioristica, ma deve essere commisurata al grado attuale di soddisfazione dei diversi bisogni. Una impostazione astratta aprioristica, come abbiamo detto, può tradursi in uno slogan di basso livello propagandistico, che può far parte dell'armamentario demagogico cui può indulgere la polemica politica, e che potrebbe avere uno storico precedente nella famosa alternativa « burro o cannoni ».

Con queste premesse, e in particolare tenendo presenti le intrinseche possibilità di sviluppo e di conversione delle comunicazioni in rapporto agli scopi per cui vengono istituite, possiamo tornare al problema delle scelte nei riguardi delle grandi comunicazioni, problema in cui si incrociano, come abbiamo detto, economia, tecnologia-tecnocrazia, politica. Dobbiamo però dire subito che tra queste tre branche predomina quella politica; non è per usare una espressione di moda, ed oggi abusata, che diciamo che si tratta essenzialmente di una scelta politica; la valutazione economica e tecnologica deve fornire i dati essenziali di base, perché la scelta sia illuminata, e possa allontanare il più possibile dall'organo decidente le tentazioni demagogiche; ma tale valutazione deve essere superata nella decisione che dà la preferenza ad alcuni aspetti ed elementi sugli altri. È vero che in questo campo delle comunicazioni — in particolare per le grandi comunicazioni — esistono impianti a gestione economica (come p. es. le autostrade) che possono essere oggetto di concessione a privati (strumento utile è la formazione di società miste a capitale pubblico e privato); ora, dove intervengono i privati, sarà normalmente un dato interesse economico che li muove. È pure vero che una delle scelte può in astratto essere quella di seguire, colle infrastrutture, le esigenze che nascono dalla stessa vita economica, nel modo in cui questa spontaneamente si sviluppa (naturalmente prevenendole, ché altrimenti si svolgerebbe solo azione ritardatrice); ma questa sarebbe pur sempre una scelta politica (a parte i problemi circa la sua attuale applicabilità). Trattandosi di pubblica destinazione (*lato sensu* di pubblico servizio) politicamente e giuridicamente il centro di decisione resta e deve restare nella sfera pubblica, e quindi la scelta spetta all'ente pubblico.

Possiamo assumere come postulato che lo sviluppo della vita moderna implica sempre più l'esigenza di una programmazione economica e di una pianificazione territoriale; ebbene, il tracciamento delle grandi vie di comunicazione è precisamente una delle scelte determinanti nella programmazione dello sviluppo economico e tecnologico. Poiché la regione è la misura adeguata per una programmazione, che parta dalle possibilità di sviluppo delle singole regioni, per salire ad una visione, coordinazione

e correzione più vasta, nazionale e supranazionale, e ridiscendere per l'esecuzione alla regione stessa, l'inserimento di una regione nelle grandi vie di comunicazione è uno dei punti essenziali del piano regionale; e problema fondamentale è quello del rifrangersi equilibrato di questo inserimento sulle varie zone della regione.

Il Piemonte, nelle sue caratteristiche, può fornirci un esempio tipo: regione ad alto livello di sviluppo economico e tecnologico, che presenta zone d'ombra di arretramento notevole, talvolta in sorprendente vicinanza colla città di Torino; intensa congestione soprattutto nella cintura torinese. Quando — nel momento in cui particolarmente si poneva in Italia, con un piano settoriale, il problema dello sviluppo di una rete autostradale — si è reso imperioso il problema degli assi delle grandi comunicazioni che attraversavano il Piemonte, nella prima intelaiatura essenziale, due punti apparivano per me altrettanto chiari: che la città di Torino, anche se in certa guisa geograficamente spostata rispetto a linee di grande comunicazione che fossero state astrattamente tracciate sulla carta, non poteva essere tagliata fuori dal nodo delle grandi linee di comunicazioni (naturalmente regolando questo nodo con quelle articolazioni di tangenziali e di penetrazione cittadina che oggi si impongono come essenziali); che già la prima intelaiatura essenziale di questi assi dovesse importare una equilibrata rifrazione dell'inserimento sulle diverse zone della regione. Sono state queste le ragioni che hanno ispirato la scelta, da me sostenuta, della autostrada Torino-imbocco Valle d'Aosta e della Torino-Piacenza via Asti, Alessandria, anziché via Chivasso-Casale. Non penso che taluno possa accusare di contraddittorietà queste due preoccupazioni: è evidente come l'alleggerimento della zona torinese per una equilibrata distribuzione delle attività economiche nella regione non possa significare sacrificare Torino e la sua area in un raccordo a cul di sacco con comunicazioni che passano e si incrociano fuori di essa; le tangenziali torinesi devono rappresentare le vie di raccordo di un nodo di grandi comunicazioni che vi confluiscono; per altro verso questo riferimento a Torino dell'autostrada di Piacenza si accompagnava coll'inserimento in essa della zona dell'Astigiano e delle Langhe (e cioè di zone il cui sviluppo richiedeva l'inserimento in una direttrice autostradale) e ne favoriva il raccordo colla grande arteria internazionale del Frejus, il cui tunnel stradale deve essere realizzato.

Questo stesso esempio concreto ci presenta un problema concreto di rapporti fra politica e tecnocrazia (nel senso più largo in cui questa espressione comprende anche la tecnocrazia degli economisti e dei sociologi). Un piano di programmazione economica e di pianificazione territoriale, lo abbiamo detto, deve nascere da uno studio tecnico ed economico delle premesse, dei costi, degli effetti, che prospetta tutte le possibilità di scelta.

Ma ricordiamoci che gli stessi scienziati discutono sulla posizione della intuizione nella ricerca e nelle scoperte scientifiche; a maggiore ragione in un campo in cui gli imponderabili sono così larghi come in quello dello sviluppo di una società, l'intuizione deve rivendicare la sua funzione. E se in definitiva, come ho detto, la scelta è politica, è appunto compito e merito del politico saper trarre la sintesi, in modo che la intuizione vi conservi un notevole peso. E soprattutto si deve evitare un grave pericolo, quale è quello dell'astrattezza di schemi di ricerca dell'«ottimale», che possono portare a moltiplicare le ipotesi col risultato della sterilità dal punto di vista della realizzazione, o per altro verso ad una fiducia in una sorta di automaticità delle formule, il cui risultato può essere quello di deformare la realtà; pericolo cui fa da controfigura quello che la realtà prenda il sopravvento e lo sviluppo avvenga per suo conto nel modo più disordinato possibile. È il duplice pericolo che si può dire insito in generale nel problema di dar ordine ad uno sviluppo sociale: quello di cadere nel massimo di astrazione che coarterebbe la stessa vita della società, col risultato poi che questa sbocchi per mille rivoli nel più aureo disordine.

Naturalmente i rilievi fatti, che qualificano la scelta politica nei confronti della tecnocrazia, si radicano profondamente nella necessità che la scelta politica sia fatta sulla base di una cosciente scelta di fini e di mezzi, il che presuppone una coscienza e conoscenza degli elementi tecnici ed economici che qualificano il rapporto di mezzo a fine, e il riconoscimento del carattere tecnico della realizzazione. Questa osservazione tanto più vale in quanto a tutti i livelli, anche a livello regionale, la programmazione, nel suo aspetto politico, deve essere basata su un ordinamento democratico; ma si ha veramente scelta democratica, e non semplice accozzaglia di particolarismi e campanilismi, o di compromessi di gruppi di potere, quanto più la scelta sia fatta su termini generali di fini e di mezzi, la cui determinazione si concreti tecnicamente; ciò non è tecnocrazia, ma veramente concorso della scienza e della tecnica alle scelte del politico. In pratica poi l'equilibrio dei vari concorsi si risolve in una questione di costume; certo se la politica degenera in bassa demagogia o in pura lotta di gruppi di potere, allora nessuna disquisizione sui rapporti tra politica e tecnica può servire; ma allora potrebbe parimenti degenerare una pura tecnocrazia.

La scelta delle vie di grandi comunicazioni, impostata nei suoi chiari termini, non può sfuggire a questa metodologia di una impostazione generale; l'esempio che ho fatto dei due punti che hanno giocato sulla scelta delle autostrade Torino-Valle d'Aosta e Torino-Asti-Piacenza, con termine Torino, rientra appunto in questo carattere di scelta generale. Naturalmente le determinazioni dei tracciati, i rapporti di posizione coi diversi centri e le diverse zone (come per altro verso le caratteristiche di un aero-

porto e le relazioni con altri aeroporti) hanno bisogno di una determinazione tecnica ed economica, alla cui consequenzialità la scelta non può sfuggire (p. es. le strade costruite a scopi militari presentano certe caratteristiche adeguate ai fini per cui sono state costruite, come è stato osservato di taluni aspetti tecnici delle grandi strade costruite dai Romani nell'impero); e così non può sfuggire a certe regole il carattere di una via che debba essere di grande comunicazione. Bisogna però guardarsi da quella che può essere talvolta la deformazione professionale di qualche tecnico; ricordo ad esempio che in una pregevole opera che era stata compiuta da urbanisti e architetti per lo studio di un piano regolatore di Ivrea, opera per la quale Adriano Olivetti, munifico patroncinatore e finanziatore, non risparmiò mezzi, la Provincia di Torino si è sentita qualificare come espressione «burocratica» per il fatto di non aver fatto proprio il suggerimento di introdurre diversivi intorno alla città di Ivrea in una comunicazione internazionale che dal centro Europa, attraverso il traforo del Gran S. Bernardo, porta al mare di Savona e di Genova. La via di grande comunicazione risponde a certe sue esigenze, che restano tali anche se di fronte ad essa si pongono altri grandi problemi urbanistici, che inquadrano soprattutto l'inserzione nelle città e la circolazione in queste; il che non è che uno degli aspetti del problema urbanistico, oggi assillante, di riportare le città a misura d'uomo. Ma tanto più questi problemi potranno essere impostati e risolti quanto più saranno individuati e valutati distintamente nella loro individualità.

Certo il processo tecnologico moderno rischia di rappresentare per l'uomo un gioco di *apprenti sorcier* che si rivolge contro l'uomo stesso, incapace di arrestarne il meccanismo; ed una parte del presente convegno con felice accostamento è stata appunto dedicata a taluni di questi pericoli. Ma ciò importa appunto la necessità di individuare e graduare i vari problemi e i vari livelli su cui i singoli problemi si pongono; dalle vie di grande comunicazione alle strade di una zona pedonale cittadina, o di zone di traffico differenziato, c'è tutto un arco con infinite gradualità di variazioni, il che conserva appunto alle prime una loro individualità, in quanto appunto per richiedere alla tecnica di fornire gli elementi per salvare l'uomo dalle distruzioni che nell'equilibrio della vita e della natura ha importato il processo tecnologico, occorre graduare, e soprattutto differenziare, le diverse posizioni e i problemi che esse importano. Intendiamoci, non dico che lo sviluppo tecnico delle vie di grande comunicazione di terra, di mare, dell'aria sia esente dalla necessità di arrecare alla tecnica gli accorgimenti occorrenti per salvare l'uomo e la natura; anzi vi si presentano grossi problemi, che impegnano tecnici e politici (basti ricordare del resto un vecchio problema di fondo, che può dirsi continuo, seppur variamente variato, quello dei rapporti strada-rotai,

mentre per entrambi i mezzi si pongono le esigenze di salvare l'uomo). Io constato qui soltanto che c'è una evidente differenziazione di problemi; e d'altra parte si tratta essenzialmente di un problema generale della tecnica, cioè del mezzo tecnico, che deve essere reso efficiente, eliminando però quella potenzialità di danno e distruzione di ambiente umano che reca in sé, e sottoponendolo ai limiti di tale eliminazione.

Grandi comunicazioni, stradali (auto e ferroviarie), portuali ed aeroportuali, rientrano oggi nei problemi generali della programmazione dopo aver fatto parte in passato di piani settoriali. Ricordando questi, e in particolare quello autostradale, che del resto è stato una necessaria ed utile anticipazione, ci possiamo chiedere come mai l'inserzione del Piemonte in tale piano ha dovuto in tutte le sue realizzazioni essere oggetto di particolari battaglie da parte degli enti piemontesi; parlo per esperienza personale, e so come, nonostante la gradualità con cui abbiamo portato innanzi le nostre richieste, tutte inserite in una visione organica, le difficoltà opposteci siano state notevoli ed abbiano richiesto molta tenacia; ed anche oggi l'annoso problema del traforo autostradale del Frejus, a cento anni dalla realizzazione del traforo ferroviario, procede contro ostacoli incomprensibili. Ma la ricerca delle cause di questa riluttanza al riconoscimento delle ragioni del Piemonte richiederebbe una analisi lunga e approfondita che porterebbe a risultati complessi, nella individuazione di fattori di diversa natura. Possiamo in ogni modo constatare che la regione piemontese può anch'essa oggi partire, in questo settore, da una buona base, per una organica integrazione; integrazione che non potrà mancare qualsiasi il tasso di sviluppo che si debba assegnare alla nostra regione nel quadro di una giustizia distributiva del processo economico.

Le grandi vie di comunicazione e lo sviluppo tecnologico.

Nel 1922, quando nel Regno Unito circolavano soltanto 400.000 autoveicoli rispetto ai 13 milioni attuali, e il Potez VII aveva appena superato in 7 ore il percorso Praga-Parigi (1922), e Sadi-Lecointe con un caccia Nieuport 29, senza armamento, aveva raggiunto il record di velocità di 302 km/h (1920), e nessuno pensava a veicoli con propulsione nucleare e gli uomini erano arrivati alla Luna soltanto nei romanzi ⁽¹⁾, il Marshall, l'economista che partendo dall'economia di mercato preannunciava quella del benessere, nell'ultima edizione, stampata mentre era ancora in vita, della sua opera fondamentale « I principi di economia » affermava:

« il fenomeno dominante del XX Secolo non è lo straordinario sviluppo della produzione, bensì quello dei trasporti ».

E infatti, anche se è sempre difficile dirimere cause da effetti, è indubbio che lo sviluppo tecnico dei trasporti ha avuto influenza determinante su quello della tecnologia, mentre a loro volta, dello sviluppo tecnologico i trasporti hanno sempre beneficiato.

Direi perciò che le grandi vie di comunicazione di notizie, persone e cose hanno contemporaneamente fornito ragioni e materia di sviluppo tecnologico all'umanità in generale ed agli stessi mezzi di trasporto in particolare.

Le grandi vie di comunicazioni materiali furono dalla notte dei tempi la terra e l'acqua.

Molto presto l'uomo riuscì a migliorare le difficili condizioni della mobilità dei tempi preistorici.

La ruota, che doveva assumere così grande importanza nello sviluppo dei trasporti terrestri su rotaia e su gomma, era già in uso in Mesopotamia 3000 anni a. C., la vela apparve in Egitto nell'età predinastica, forse 4000 anni a. C. e a Creta nell'età Minoica.

⁽¹⁾ F. GODWIN, *L'uomo nella Luna* (1638); C. de Bergerac; *Storia comica degli stati e degli imperi della Luna* (1648), per finire con G. VERNE.

Ma per milioni di anni gli unici motori disponibili furono quelli naturali, la gravità, la corrente dei fiumi, il vento sulle vele, i motori animati.

L'uomo trasse intelligentemente partito da questi motori ottenendo, in qualche campo, risultati eccezionali.

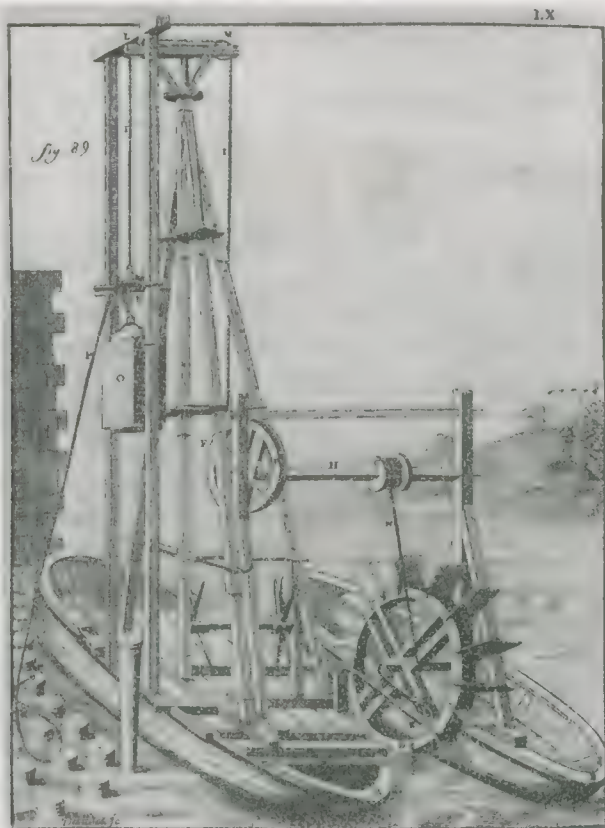


Fig. 1.

Battipalo mobile su chiatta operante mediante ruota idraulica
(Regno di Luigi XIV).

Le correnti d'acqua fornirono contemporaneamente il mezzo di propulsione e il motore operativo di natanti mobili molto ingegnosi come il battipalo della fig. 1 che risale al regno di Luigi XIV.

I motori animati vennero usati talvolta in modi bizzarri come le gabbie rotanti (fig. 2) che in verità, per il peso e la mole, male si prestavano a sostituire nei veicoli, alla trazione animale diretta, quella animale meccanica.

Invece il vento, modestamente utilizzato in quei mulini che imbizzarrirono Don Chisciotte, venne usato con grande maestria dai costrut-

tori delle navi e dai marinai delle fregate americane del 1880 e nei clippers delle corse del tè e della lana (1840-1850) che raggiunsero la velocità di 18 nodi e tennero spesso quella di 12-15 (fig. 3).

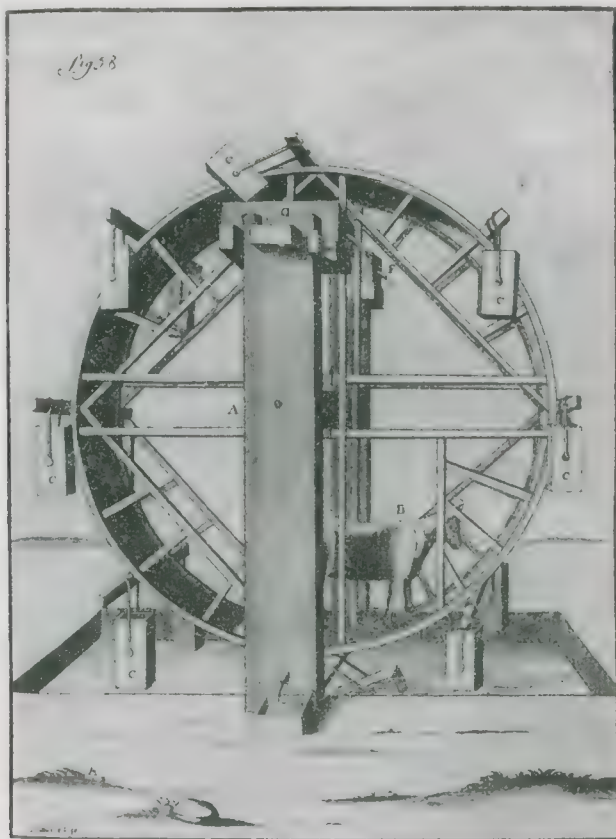


Fig. 2.

Motore a gabbia rotante mosso da un bue (Regno di Luigi XIV).

Nel 1770 il motore a vapore di Watt ⁽²⁾ destinato a comandare delle pompe per il *trasporto* verticale dell'acqua (eduzione) che invadeva i pozzi minerari inglesi, dava inizio alla serie dei motori termici, rendendo possibili l'automobilità meccanica.

⁽²⁾ Inutile, mi sembra ricordare l'eolipila di Erone (150 d. C.), la *Century of Invention* di M. E. SOMERSET (1663), il brevetto di T. Savery (1698), il motore di D. Papin (1705) e il motore atmosferico di T. Newcomen, posto che il primo motore atto ad una pratica utilizzazione fu quello di Watt, questo senza togliere merito ai precursori.

Nel 1873 Rozier e d'Arlandes tentavano la via dell'aria con una mongolfiera, nel 1903 i fratelli Wright aprivano questa grandissima via di comunicazione al più pesante dell'aria.

Il 12 aprile 1961 Gagarin, pilotando il Vostok I, compiva il primo volo orbitale umano nella quarta illimitata via di comunicazione spaziale e il 20 luglio 1969 l'Apollo 11, con lo sbarco di due astronauti sulla Luna, iniziava la serie delle comunicazioni umane interplanetarie.

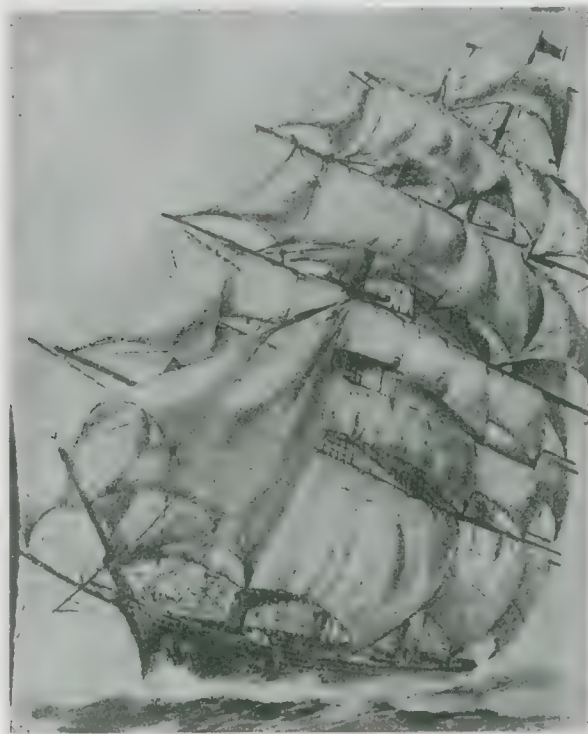


Fig. 3.

Il clipper inglese Cutty Sark (1869) di 921 tonnellate. Uno dei più famosi velieri veloci oceanici.

Molto opportunamente il Prof. Grosso, che magistralmente ha introdotto questi interventi sullo sviluppo tecnico ed economico promosso dalle grandi vie di comunicazione, ha accennato all'importanza che nella storia del loro avvento hanno avuto le guerre, le conquiste e l'imperialismo.

È certo difficile stabilire se lo sviluppo tecnologico generale, che comprende anche quello dei mezzi di trasporto e delle loro vie, sia stato stimolato più dal desiderio di mettere in valore, distribuire e scambiare le ricchezze potenziali di alcune regioni su spazi più ampi, o da ragioni di guerra, anche perché queste ultime hanno avuto spesso origine dalla volontà di conquistare quelle ricchezze o di dominare quei mercati.

Sta di fatto che non soltanto il successo degli eserciti è strettamente legato alla possibilità e rapidità del loro spostamento ma anche i più potenti mezzi di offesa e di difesa abbisognano sempre di un trasporto. A nulla servirebbe la bomba H se non esistesse il missile che la porta sul bersaglio.

Si passa così dalla biga romana, agli elefanti di Annibale, ai cavalli di Cortes, alle artiglierie, someggiate, a cavallo, su carri armati, sulle corazzate, sulle siluranti, sugli aeroplani, sulle portaerei.

Un altro effetto, molto importante, hanno avuto le guerre, sulla tecnologia.

Il gran numero di combattenti tolti agli stabilimenti quando più urgeva produrre per sostituire le perdite dovute al conflitto, richiese un poderoso sforzo produttivo ottenuto migliorando le macchine operatrici e rivoluzionando i sistemi di programmazione, direzione e controllo.

La rivolta dei coloni americani diede avvio alla lavorazione in serie dei fucili (Whitney 1780), le ultime guerre hanno introdotto nell'industria la pallettizzazione, le trasferte (produzione automatica in linea), i trasporti in containers, la ricerca operativa, il controllo statistico di qualità, l'automazione. La produzione dei missili ha introdotto il Pert, l'automazione, e la miniaturizzazione.

Lo studio delle malattie e delle ferite prodotte dalla guerra ha fatto fare grandi passi avanti alla medicina (antibiotici, studio delle mufte), alla chirurgia, alla microbiologia fino a giungere all'utilizzazione industriale dei microbi ⁽³⁾.

Le grandi vie d'acqua.

Le idrovie. – Fino all'applicazione del motore termico ai veicoli le idrovie furono l'unico sistema di trasporto industriale in massa. L'uomo si accorse presto che sull'acqua calma lo sforzo di trazione poteva scendere fino a 1 kg per tonnellata di peso e che le strade alzaie permettevano facilmente il trascinamento dei natanti con animali.

Furono utilizzati i fiumi, specie quelli che a causa delle grandi maree permettevano di risalire la foce a marea crescente e di scendere al mare a marea discendente.

⁽³⁾ La microbiologia studia lo sviluppo di nuovi ceppi microbici utilizzabili nell'industria. Essi sono già in uso per le fermentazioni, per rigenerare soluzioni utilizzate per estrarre metalli, per produrre l'idrocortisone, per distruggere i rifiuti. Gli enzimi microbici sono usati come catalizzatori, le pile a combustibile biologico usano il desulfovibrio, ecc.

Nacquero così i grandi porti delle coste atlantiche. L'aggiunta di canali permise di estendere la rete fluviale collegando dei fiumi tra loro ⁽⁴⁾.

Le difficoltà frapposte dai diversi livelli dei corsi d'acqua risolte con metodi scarsamente efficienti vennero superate da Fioravante da Bologna con la prima conca del canale di Milano, che successivamente Leonardo da Vinci perfezionò.

La facilità dei trasporti lungo i fiumi, che scorrendo nelle valli ricche di apporti morenici facilitavano anche la costruzione di strade, spinse l'umanità a costruire empori e stallaggi sulle sponde dei corsi d'acqua specie verso la foce, sorsero così le grandi città commerciali, dense di cittadini e di traffici che divennero rapidamente opulente. Ma la corrente dei fiumi forniva anche, mediante le ruote idrauliche, i primi motori per le manifatture che sorsero dove tale corrente era più rapida e costante.

I problemi della regolazione dei corsi d'acqua, della costruzione dei canali, dell'utilizzazione dell'energia e della distribuzione dell'acqua potabile diedero grande sviluppo all'idraulica applicata. La distribuzione dell'acqua in tubazioni sotto pressione diede l'avvio ai trasporti in condotta e si ebbero così condotte forzate, oleodotti, gasdotti, e sistemi di trasporti di solidi in emulsione liquida o in corrente d'aria (trasporti pneumatici).

Le vie del mare.

La navigazione sul mare. – Il mare copre circa il 72% della superficie della terra cioè circa 361 milioni di km². Sul mare s'intrecciano le rotte della navigazione che ebbe inizio modesto lungo quasi tutte le coste abitate con l'uso di piccoli natanti a remi o dotati di piccole vele quadre in pelli d'animali o intrecci di fibre vegetali.

Nel Mediterraneo la navigazione fu particolarmente attiva da millenni, e la marineria, prima a remi e poi a vela, vi raggiunse elevati livelli tecnici e commerciali fino alla scoperta dell'America (1492) ed alla circumnavigazione dell'Africa (1498).

La ricerca di nuove terre stimolò le esplorazioni e a poco a poco fu possibile disegnare la carta delle terre emerse a calcolare le dimensioni della Terra.

Eratostene ⁽⁵⁾ l'aveva calcolata con meravigliosa precisione in 252.000 stadi, pari, secondo alcuni, a 39.830 km contro i 40.076,6 misurati, molto più tardi, all'Equatore.

⁽⁴⁾ È noto che Carlo Magno aveva accarezzato l'ambizioso progetto di connettere il Meno, il Reno e il Danubio. Si ricordano le romanzesche vicende dei pionieri americani per trovare il collegamento idrovioario fra l'Atlantico e il Pacifico.

⁽⁵⁾ *Geographica* di Eratostene di Alessandria (276-192 a. C.).

Cristoforo Colombo, basandosi sui dati dell'Imago Mundi del Cardinale d'Ailly, ritenne minore, di quanto realmente era, la circonferenza del parallelo da lui approssimativamente seguito, ma ritenne anche molto maggiore di quanto non fosse, la rotta fra le Canarie e le Bahama, da lui seguita, per giungere a quelle che riteneva fossero le sponde orientali dell'Asia (fig. 4). La geografia del globo, come la si conosceva prima dell'avvento dell'aviazione, è quasi completamente dovuta alle esplorazioni compiute lungo le vie d'acqua (mari e fiumi).

Appena il motore a vapore fu messo a punto si pensò di applicarlo alla navigazione.

Il peso della macchina e del carbone per alimentarla e il pericolo d'incendio, consigliarono l'introduzione degli scafi d'acciaio che richiesero la tecnologia delle grandi costruzioni metalliche. I laminatoi produssero le lamiere, la chiodatura a caldo, prima sconosciuta, le unì, la cianfratura rese stagni i giunti. Sugli scali dei cantieri navali, si costruirono, con la stessa tecnica le prime grandi carpenterie metalliche, le travate dei ponti e le tettoie delle stazioni ferroviarie e delle esposizioni.

Notevoli perfezionamenti venivano intanto apportati alle costruzioni navali, la propulsione a vapore, che inizialmente il Fitch (1790) tentò di realizzare con una fila di remi per bordo, fu risolta dal Fulton col Clermont dotato di due ruote laterali a pale (1807), e col Great Britain del Brunel (1843) che per primo utilizzò l'elica marina.

Dai 3 kg di carbone per HP/h delle prime macchine a vapore alternative, si giunse a consumi di 0,7 kg con le grandi motrici a triplice e quadruplice espansione su navi a tre e quattro assi e gruppi da 20.000 HP caduno. Ma per aumentare ulteriormente le dimensioni e la velocità delle navi fu necessario ricorrere alla turbina a vapore proposta dal Parsons nel 1880, e applicata alla nave Turbinia nel 1894.

Poi, per ridurre l'ingombro e la complicazione del maneggio del carbone, si passò alle caldaie a nafta, giungendo a consumi dell'ordine di 230 grammi per HP/h.

Le grandi turbine passarono poi alle grandi centrali termoelettriche.

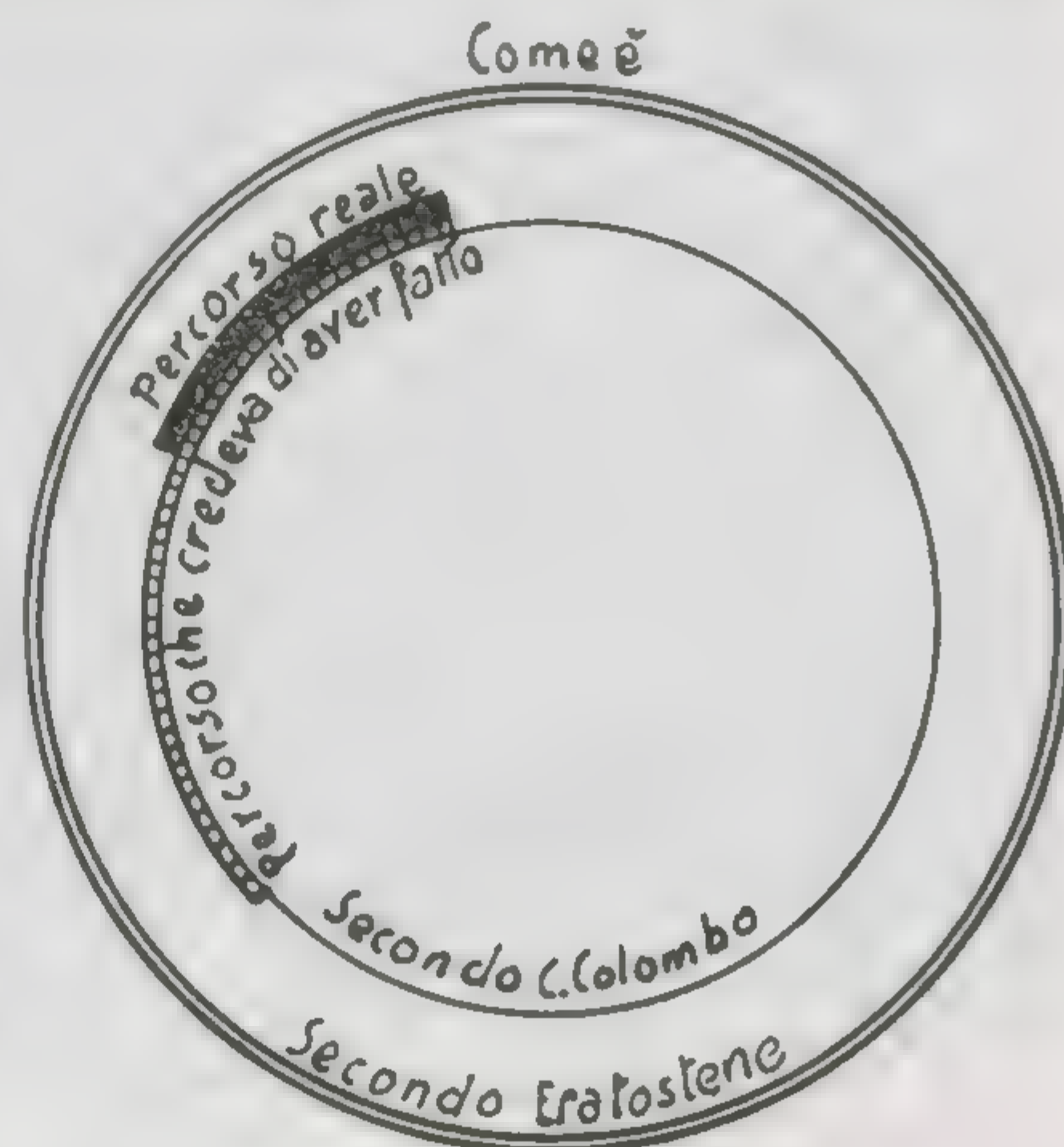


Fig. 4.

La circonferenza della terra all'equatore, come è, come l'aveva calcolata Eratostene e come l'aveva prevista Colombo in base ai dati di Imago Mundi. Rotta presunta e rotta reale di Cristoforo Colombo fra le Canarie e le Bahama.

Nel frattempo il Diesel (1892) opportunamente perfezionato entrò nel campo della propulsione navale con la motonave Selandia (1911). La riduzione del peso dell'apparato motore, e di quello del combustibile che consentivano autonomie maggiori, spinse a progettare motori sempre più potenti fino ai gruppi di 12 cilindri del diametro di 900 mm (realizzati per la prima volta a Torino dalla Grandi Motori) che sfiorano i 30.000 HP, col consumo di 165 grammi di nafta da caldaia per HP/h.

Nel 1951 la cisterniera Auris utilizzò per la prima volta la turbina a gas per la propulsione navale.

Di pari passo con la tecnica delle costruzioni navali che sviluppò i metodi della similitudine meccanica di Newton (Froude, Taylor) e delle prove alla vasca, si perfezionò la scienza della navigazione.

La bussola (Flavio Gioia di Amalfi, 1302) ⁽⁶⁾ consentì la navigazione stimata lossodromica, il sestante (Handley, 1731) e il cronometro (Harrison, 1735) quella astronomica ortodromica, la telegrafia senza fili (Marconi, 1894) quella radiogoniometrica, l'effetto Doppler (1842) l'uso del Radar (1937), il Loran e il Decca quella iperbolica, il pendolo di Schuler ⁽⁷⁾ e gli accelerometri (1934) la navigazione inerziale indipendente da segnali e punti di riferimento.

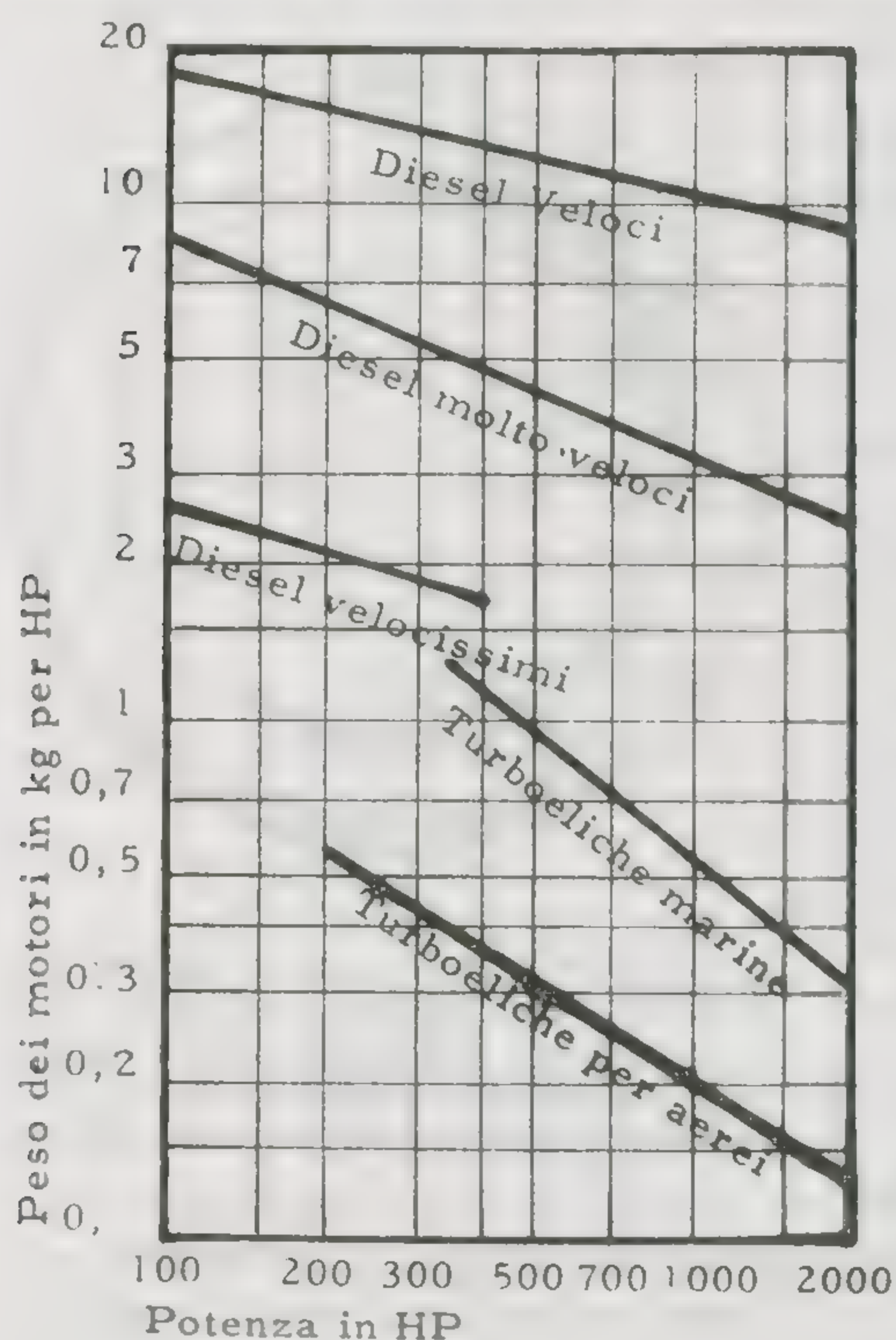


Fig. 5.

Peso dei motori leggeri in Kg per HP. Tipi per ACV a cuscino d'aria.

L'inestinguibile spinta verso la velocità portò alla ricerca di altri tipi di natanti, posto che quelli tradizionali per ragioni di peso dei gruppi

⁽⁶⁾ Si attribuisce l'invenzione della bussola anche ai cinesi ed agli arabi, sta di fatto che nel Mediterraneo cominciò ad usarsi sulle navi amalfitane all'epoca citata.

⁽⁷⁾ Perché un pendolo resti verticale, quali che siano le accelerazioni del mobile sul quale è montato, è sufficiente che le sue oscillazioni proprie nel campo gravitazionale in assenza di accelerazioni non siano smorzate ed abbiano un periodo di 84,4 minuti.

motori e di consumo di combustibile, non permettevano di superare nei transatlantici i 30 nodi, nelle siluranti i 40.

Si costruirono così le corvette tipo Vosper a carena planante, da 533 tonnellate che superarono i 50 nodi, gli aliscafi che nel tipo AG superarono i 70, gli ACV a cuscino d'aria che superarono i 100. Sono questi ultimi dei natanti che si trovano ancora, in parte, nella fase sperimentale.

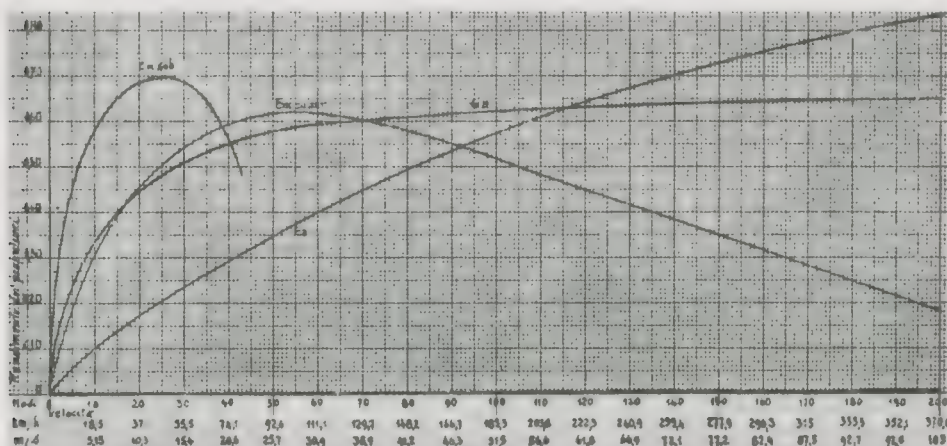


Fig. 6.

Paragone dei rendimenti dei propulsori utilizzati per i veicoli a sostegno fluido in funzione della velocità dei veicoli stessi. Dati di massima. - Em sub: elica marina subcavitante. - Em super: elica marina supercavitante. - Ea: elica aerea. - Ga: getto d'acqua.

Però i veicoli a cuscino d'aria passarono dai tipi marittimi a quelli anfibi particolarmente adatti per lo sbarco su arenili non attrezzati, e ai tipi terrestri per autoveicoli militari e convogli guidati, come l'aerotreno del Bertin, che ha superato i 400 km/h.

Tutte queste realizzazioni richiesero il progetto e la costruzione di motori molto leggeri (fig. 5) e lo studio di propulsori adatti alle altre velocità come le eliche marine supercavitanti, la propulsione a getto d'acqua, le eliche aeree silenziose e i motori a getto (fig. 6).

Le vie del mare sono, fino ad un certo punto, gratuite e libere a tutti ma al termine di ogni rotta è necessario un porto che assicuri ricovero, rifornimenti attrezzature di carico, scarico e immagazzinamento.

Si sviluppò così la tecnica delle costruzioni marittime con lo studio dei venti, delle vicissitudini atmosferiche (meteorologia), del moto ondoso e della sua azione sui natanti e sui moli.

La tecnica della difesa delle coste portò alla costruzione delle dighe, al recupero di ampi territori sul mare (Paesi Bassi) a ridurre le rotte oceaniche mediante lo scavo di grandi canali marittimi come il Canale di

Suez (1869) che risparmiò la circumnavigazione dell'Africa per la via delle Indie, e quello di Panama che permette il passaggio diretto dall'Atlantico al Pacifico (1914).

La tecnica dello scarico delle merci portò all'uso della pallettizzazione, delle navi containers, delle navi traghetto e di quelle alveare (Lash) tutti metodi che si estesero ad altre applicazioni.

La navigazione sotto il mare. – Il volume del mare è di circa 1370 milioni di km³, esso contiene circa 5×10^{16} tonnellate di solidi disciolti e immense riserve organiche e minerali, per ora, in gran parte, sconosciute e inutilizzate.

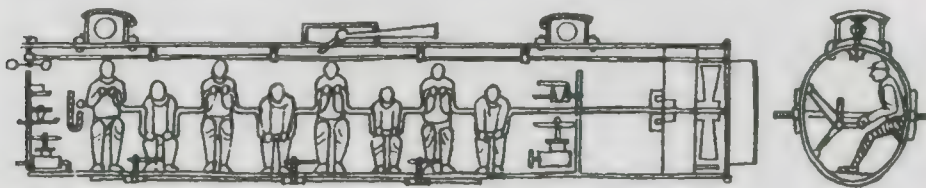


Fig. 7.

Sommergibile Hunley a comando manuale. È il primo sommergibile che ha affondato una nave nemica.

Ove il pesce è coltivato razionalmente (Asia di Sud-Est) si ottengono produzioni annue di 4,5 tonn di pescagione per ettaro, i vegetali sottomarini potrebbero fornire una grande percentuale di proteine necessarie per sfamare l'umanità, minerali come il manganese, il nichel, il cobalto e lo zirconio sono presenti nel solo Oceano Pacifico in quantità più di mille volte superiori alle riserve terrestri.

Immensa riserve di petrolio e di metano si trovano sotto la crosta sottomarina.

L'uomo affrontò la navigazione sotto il mare per ragioni di guerra.

Il primo sottomarino che riuscì ad affondare una nave da guerra fu l'Hunley dei confederati, la cui elica era mossa da 8 uomini alla manovella (fig. 7) esso affondò una corvetta (1864) che partecipava al blocco del porto di Charleston.

La tecnica della navigazione sottomarina di guerra progredì continuamente con i dolorosi risultati noti, fino alla realizzazione del Nautilus (1955) il primo sommergibile a propulsione nucleare che può restare immerso in navigazione senza limiti di tempo.

Fortunatamente questa tecnologia ispirò al Prof. Piccard l'idea del batiscafo e da allora un nuovo capitolo si è aperto alla scienza quello del-

l'esplorazione sottomarina e della possibile utilizzazione delle ricchezze racchiuse nei mari per il bene dell'umanità ⁽⁸⁾.

Per questa navigazione le difficoltà per mantenere la rotta sono maggiori, esse richiesero il perfezionamento del Sonar (basato sull'eco delle onde sonore) del Sofar (canale sonoro oceanico) e l'applicazione della navigazione inerziale ulteriormente perfezionata (fig. 11).

Le strade.

Le strade ordinarie. – I sentieri primitivi hanno dato origine, nella notte dei tempi a quelle strade nella cui costruzione furono maestri gli Assiri, i Babilonesi, i Persiani.

Gli Egizi ebbero fra i primi strade lastricate, ad Atene funzionò un'Amministrazione della viabilità, grandi tecnici e costruttori di strade furono i Romani che le classificarono con la Legge delle XII tavole.

Dopo il periodo, in gran parte oscuro del Medio Evo, si deve giungere fino a Colbert per un tentativo di ricostruzione di itinerari internazionali, al Tresaguet in Francia e al Mac Adam in Inghilterra per ritrovare la perfezione tecnica già raggiunta dai Romani.

Malgrado l'intervento del Polonceau (1834) che appartenne al Corpo degli Ingegneri dei « Ponts et Chaussées » istituito nel 1716, soltanto nel 1914 ebbe veramente inizio l'uso, subito generalmente esteso, dei tappeti bitumati e catramati depolverizzanti.

Il motore del Watt fu applicato nel 1769 (ben 35 anni prima che il Trevithick (1804) costruisse la prima locomotiva a vapore) al primo veicolo automobile a vapore il Fardier del Cugnot la cui autonomia, però, non superò i 12 minuti.

Ma il perfezionamento fu rapido, dal 1836 al 1840 l'omnibus a vapore da 20 posti Automotion collegò Moorgate a Paddington alla velocità di 25 km/h.

La possibilità di utilizzare una rete viaria già esistente, che si spingeva fino alle più remote borgate, spinse ad un continuo perfezionamento dei veicoli e dei motori per autotrazione.

⁽⁸⁾ Il primo batiscafo l'FNRS-2 il 3 novembre 1948 scese a 1380 m di profondità al largo delle isole del Capo Verde. Poi il Trieste toccò il fondo della Fossa di Ponza alla profondità di 3800 metri. Il Deepstar USA può portare tre uomini ad oltre 3000 m di profondità. Molti altri veicoli abissali sono ora in funzione per le ricerche delle ricchezze potenziali del mare per conto di alcune fra le più potenti aziende mondiali.

Si ebbe così il Celerifero di De Sivrac (1790). L'uso dei pedali di Michaux, dei cuscinetti a sfere di Tribout (1869) e dei pneumatici del Dunlop (1888) diede vita all'attuale bicicletta, che il Perrot tentò di motorizzare nel 1868, ma la motocicletta fu introdotta nell'uso soltanto venti anni dopo.

Intanti i primitivi tentativi di Barsanti e Matteucci diedero la via ai motori più veloci e leggeri sia del ciclo Otto, sia a vaporizzazione istantanea (Serpollet), sia elettrici.

Nel 1899 la Jamais Contente dell'Jenatzy, a trazione elettrica, raggiungeva i 105 km/h, nel 1902 la Serpollet a vapore superò i 120 km/h.

Entrava intanto nella pratica il Diesel, di poi, quasi generalmente applicato, agli autoveicoli commerciali. La guerra produsse le automitragliere e poi i carri armati cingolati inglesi che entrarono per la prima volta in azione sulla Somme nel 1916.

I carri cingolati e i trattori passarono fortunatamente dalla guerra alle opere di pace, ed ebbero grande sviluppo per i movimenti di terra, la costruzione di strade, di ferrovie di dighe e porti, e in agricoltura.

Migliorò anche notevolmente la tecnica costruttiva delle opere d'arte, muri di sostegno, drenaggi, ponti, viadotti, gallerie utilizzarono prima il legno poi il ferro e i mattoni nonché la pietra da taglio, e finalmente il cemento armato.

Nel 1882 entrò in funzione la prima galleria alpina per diligenze, progettata già nel lontano 1614 per il servizio di Posta Torino-Nizza inaugurato nel 1627. La galleria, ricavata con grande fatica sotto il Colle di Tenda, lunga 3,2 km è tuttora in funzione.

Fu necessario però attendere fino al 1964 per l'apertura della galleria alpina autostradale del Gran San Bernardo lunga 5,828 km, ventilata elettricamente.

Nel 1966 entrò in esercizio la più lunga galleria autostradale del Mondo, lunga 11,6 km e ventilata elettricamente soltanto dalle due estremità, quella del Monte Bianco.

La tecnica del cemento armato che permetteva di utilizzare due materiali di caratteristiche molto diverse nelle migliori condizioni di resistenza, diede poi l'avvio alle costruzioni miste in metalli di allungamento e resistenza diverse, in materie plastiche armate in fili di vetro e ad altre combinazioni più complesse e ancora in parte segrete utilizzate nei missili.

Per il tracciamento delle strade il rilevamento strumentale mediante tacheometri dominò fino all'avvento dell'aeroplano che mediante la fotografia permette la rapida ed automatica preparazione di carte molto precise, finemente quotate.

Su tali carte adatte apparecchiature elettroniche consentono la scelta del tracciato migliore.

Lo sviluppo del traffico e la velocità sempre maggiore dei mezzi richiede la costruzione di una rete di strade speciali destinate ai soli mezzi motorizzati, le superstrade ad ingresso libero, quelle a pedaggio dette autostrade.

È così definita la rete viabile di comunicazione terrestre più generale indispensabile anche per alimentare di cose e persone quei nodi delle reti di altri veicoli come le stazioni ferroviarie, i porti, gli aeroporti. Nessun altro mezzo, finora, consente una così generale possibilità del trasferimento di cose e persone da porta a porta.

I più recenti sviluppi dell'autotrazione stradale portano da un lato ad un ritorno dei veicoli elettrici ed a vapore nell'intento di eliminare gli scarichi nocivi dei gas combustibili, dal punto di vista della trazione, ai motori rotanti a capsulismo o a turbina e ai tipi elettrici alimentati o da potenti e leggere batterie di accumulatori (ad esempio argento-zinco come nell'Electrovair della General Motors) o da pile a combustibile come nell'Electrovan della stessa costruttrice. Non si esclude la possibilità futura di costruire delle cartucce di materiale fissile adatte all'autotrazione. Siamo in questi tre ultimi casi nel campo delle sperimentazioni iniziali ⁽⁹⁾.

Il traffico e l'urbanesimo. — Nessuno forse degli effetti sociali della motorizzazione è stato tanto importante e rivoluzionario come quello che ha avuto e avrà sulle caratteristiche urbane. Il rapporto fra città, industria e motorizzazione e l'adattamento delle città storiche e di quelle future ai problemi del traffico suscitano problemi che impegnano gli urbanisti e gli Stati a difficili soluzioni.

Le strade guidanti. — I veicoli per strada ordinaria hanno due libertà di movimento, quella longitudinale segnata dalla carreggiata e quella trasversale limitata dalla larghezza della pavimentazione e dalle norme vigenti, però il mantenimento di una traiettoria, come la scelta di essa, è affidata al guidatore.

Nelle strade guidanti esistono monorotaie, binari, ritegni laterali, dispositivi magnetici che impongono una traiettoria guidata per cui il veicolo ha la sola libertà del movimento longitudinale.

⁽⁹⁾ L'uso dei veicoli cingolati si estese a quelli cosiddetti fuoristrada applicati per la rimozione dei terreni, la formazione di scavi e rilevati, le lavorazioni agricole estendono l'uso dei trattori in modo eccezionale.

La ferrovia. — Per ridurre la resistenza al moto dovuta alle pessime strade di un tempo si usarono, specie in miniera, dei tavoloni, poi delle aste metalliche che assunsero, mediante successivi miglioramenti, la forma a fungo delle rotaie attuali.

Per evitare lo slineamento le ruote vennero munite di bordino e assunsero la forma del bicono stabile.

Appena possibile alla trazione si applicò il motore di Watt montato su una locomotiva la quale trascinava il convoglio per effetto dell'aderenza delle ruote sulla rotaia.

Nel 1812 nella miniera di Middelton funzionò la prima ferrovia privata, nel 1825 entrò in funzione la prima ferrovia pubblica Stockton-Darlington, nel 1830 la Rochet di Stephenson inaugurò, alla velocità di 47 km/h, la Liverpool-Manchester, nel 1856 Napoleone III inaugurò, alla velocità di 100 km/h, la linea Marsiglia-Parigi.

Si affermò così l'era ferroviaria che tanta influenza ha avuto sullo sviluppo economico e sociale nel mondo. Essa richiese alla siderurgia che già utilizzava i primitivi altiforni perfezionati dal Darby (1709), uno sforzo eccezionale. Nel 1820 J. Birkinshaw realizzò il laminatoio per le rotaie a fungo. Nel periodo dal 1850 al 1860 le ferrovie abbisognarono, in media, di 6000 km di rotaie all'anno, nel decennio successivo il consumo salì prima a 15.000 poi a 20.000 km all'anno, e raggiunse il massimo nel 1890 con 30.000 km. Attualmente le ferrovie funzionanti coprono un'estesa di 1.285.000 km.

Contemporaneamente si perfezionarono: il materiale mobile, le locomotive, le infrastrutture, gli impianti di segnalazione e di sicurezza.

Il 12 settembre 1871 la prima grande galleria ferroviaria, quella del Fréjus, voluta dal Cavour, entrava in funzione, essa aveva dato l'avvio alla perforazione meccanica e all'uso di attrezzi ad aria e ad acqua compressa che ebbero poi larghissima applicazione in sistemazioni minerarie ed industriali.

La locomotiva a vapore, di rendimento termico spaventoso, venne sostituita da tipi elettrici, Diesel meccanici e Diesel elettrici, rari esemplari dotati di turbine a vapore e a gas ebbero breve fortuna, salvo le turbine da aviazione attualmente utilizzate nei turbotreni.

Nel 1964 entrava in funzione in Giappone il Tokaido, funzionante alla velocità di 200 km/h (massimo 250) e successivamente nel Canada e in Usa funzionarono i turbotreni progettati da ingegneri aeronautici, con casse imperniate alla sommità per ridurre l'effetto della forza centrifuga in curva, capaci di tenere i 260 km/h.

In quest'anno la SNCF francese ha deciso di costruire alcune linee principali da esercitare con turbotreni alla velocità di 300 km/h, la prima

linea Lione-Parigi, vedrà il percorso di 420 km eseguito in un'ora e tre quarti.

Anche le FS italiane hanno deciso la costruzione di una direttissima Firenze-Roma funzionante a 260 km/h.

È molto probabile che i 300 km/h rappresentino il limite massimo praticamente ammissibile per il sistema ferroviario classico basato sull'aderenza fra ruota con bordino e rotaia in acciaio. Notevoli difficoltà di costruzione, ma specialmente di manutenzione si prospettano per assicurare ai convogli veloci un discreto confort e binari tenuti costantemente nelle condizioni necessarie per rendere sicuro e piacevole il viaggio.

Altri sistemi di vie guidanti.

I problemi che sorgono per il confort e il mantenimento dei veicoli e della linea ferroviaria funzionanti ad alta velocità ha spinto molti tecnici a progettare altri tipi di convogli guidati ad alta velocità, più sicuri.

La realizzazione di questi nuovi impianti richiede sospensioni, veicoli, motori e propulsori, nonché guide completamente diverse. Per la propulsione si propongono le turboeliche, i getti, i razzi, il motore lineare. L'esistenza di onde gravitazionali, previste dalla relatività e rilevate da J. Weber con le sue esperienze del 1969 ha fatto sperare a taluni la possibilità di trovare degli schermi capaci di annullare la gravità.

Gli aerotreni. — C. S. Cockerell nel 1953 iniziò una serie di esperimenti per sostenere i veicoli mediante un cuscino d'aria onde ridurre la loro resistenza al moto. L'applicazione di questo sistema poteva apportare notevoli vantaggi, soprattutto per la propulsione dei natanti per i quali la carena immersa dava luogo a resistenze quasi insormontabili per ottenere le altre velocità desiderate.

Questo sistema venne successivamente esteso anche ai veicoli terrestri. Mentre sono in corso studi ed esperimenti specie in USA, Inghilterra e Giappone, la Francia con l'aerotreno Bertin (fig. 8) ha già superato il periodo sperimentale e sta passando alla sua realizzazione, ad Orleans, su di una linea lunga 18 km, dove sono in corso le prove di una vettura dotata di 80 posti a sedere, del peso a pieno carico di circa 20 t.

Mentre nell'impianto sperimentale di Parigi vennero raggiunti i 500 km/h, l'impianto di Orleans dovrebbe funzionare a velocità più bassa.

Gli ACV (veicoli a cuscino d'aria) corrono appoggiati su un cuscino d'aria la cui pressione supera quella atmosferica da 100 a 400 kg/m², è stato proposto per una monorotaia che dovrebbe collegare la città di Lione col suo aeroporto un sistema (URBA) che funziona a depressione e utilizza per la trazione, un motore elettrico lineare ⁽¹⁰⁾.

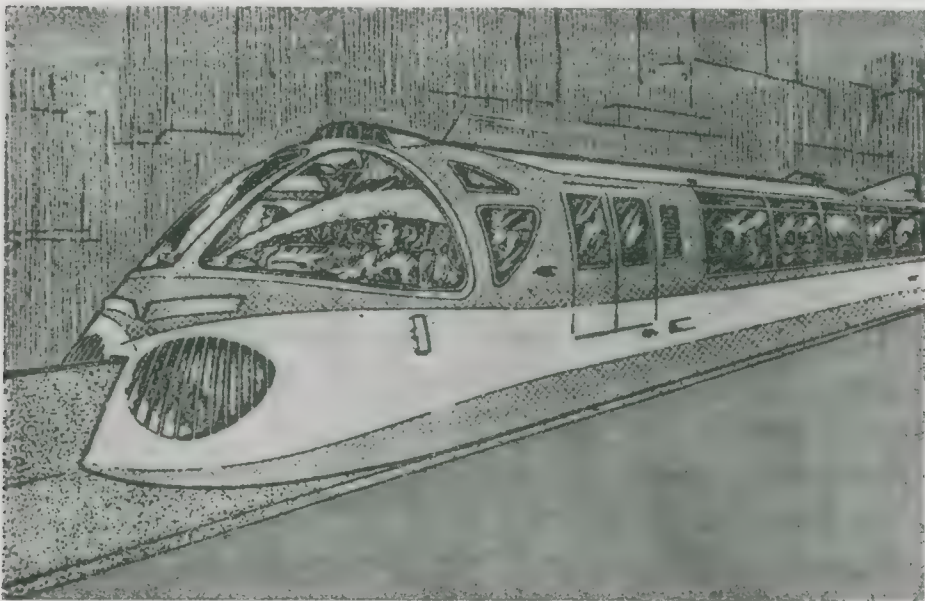


Fig. 8.

L'aerotreno Bertin. Prototipo in costruzione destinato a medie distanze e traffici medi.

Il magnetotreno. - È in fase di studio da parte di più costruttori un veicolo adatto a velocità attorno ai 300-480 km/h che dovrebbe correre sospeso sulla guida per repulsione magnetica.

Tra i vari tipi sembra preferibile quello che utilizza sul veicolo delle spire tubolari superconduttrici (fig. 9) raffreddate a 4 gradi assoluti mediante la circolazione di elio liquido capaci perciò di ammettere una corrente di 30.000 A per cm², creando un campo di 30.000 Gauss. Il motore necessario per la refrigerazione avrebbe la potenza di soli 10 kw. Lungo la linea si disporrebbero delle spire chiuse in alluminio nelle quali verrebbe indotta la corrente repulsiva.

⁽¹⁰⁾ Motore asincrono con rotore e statore di raggio infinito. Statore fisso costituito spesso da trave metallica funzionante anche come monorotaia, rotore avvolto lungo il veicolo. Non esistono in questo motore parti rotanti.

Altri sistemi più straordinari sono ancora nel campo delle ipotesi.

Per quanto riguarda i convogli veloci i tecnici giapponesi, che in occasione del progetto del Tokaido e del nuovo tronco che dovrebbe prolun-

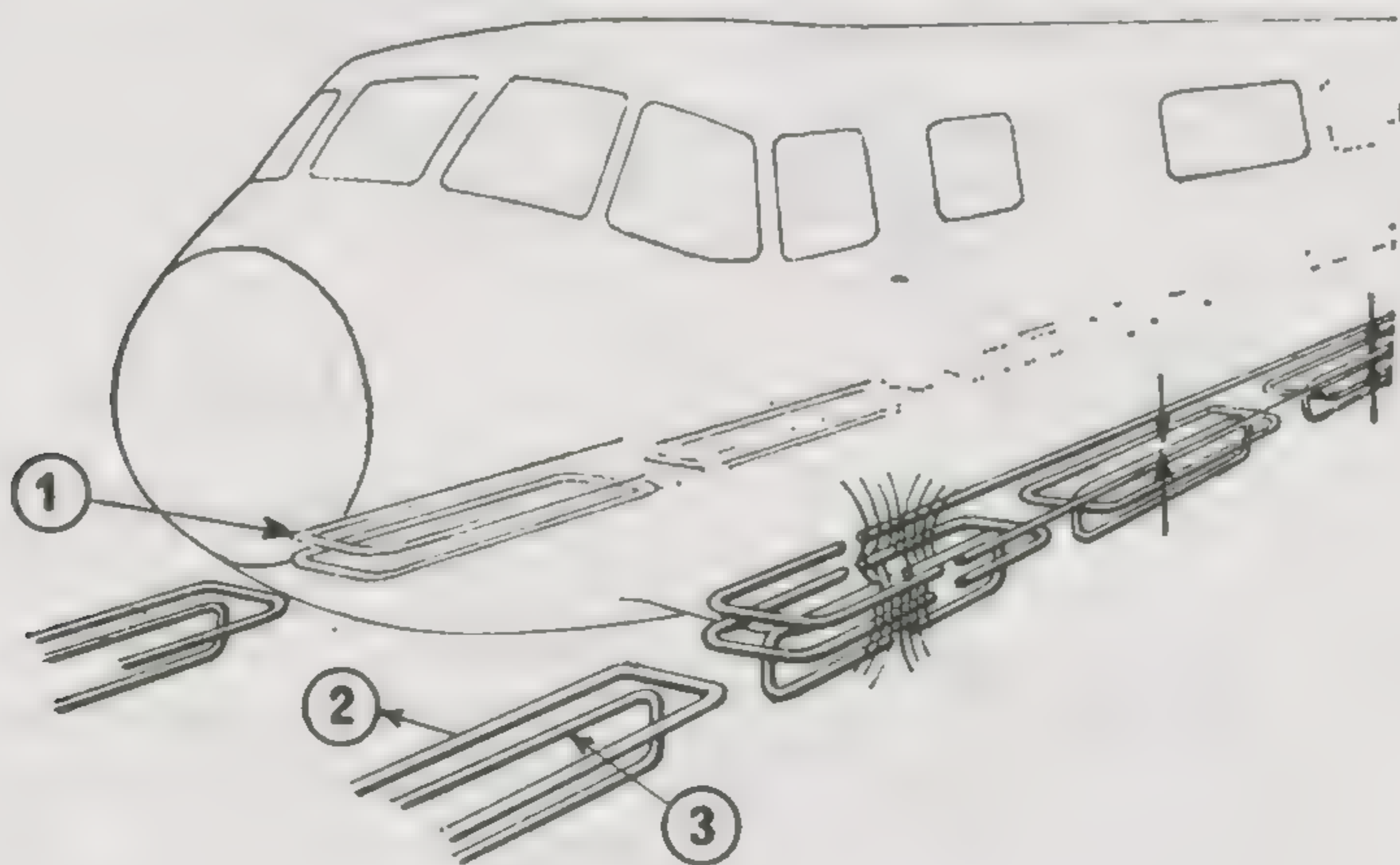


Fig. 9.

Il magnetotreno.

1. Spira superconduttrice montata sul veicolo.
2. Spira di linea per la levitazione.
3. Spira di linea stabilizzatrice.

garlo, hanno studiato a fondo il problema, prevedono che sia possibile raggiungere, in futuro le seguenti velocità:

- sistema convenzionale su binario utilizzante l'aderenza 280 km/h;
- sistema a cuscino d'aria con motore lineare da 300 a 480 km/h,
- sistema Bertin con turboeliche fino a 500 km/h;
- magnetotreno con turboreattore 480 km/h;
- cuscino d'aria e reattore fino a 100 km/h.

L'aria. — Quanto avviene nel campo della navigazione aerea appartiene ai nostri giorni, tutti abbiamo seguito l'aumento della velocità e del carico ammissibile permessi dai nuovi sistemi costruttivi e dai potenti motori a reazione.

Siamo già nell'era del supersonico col Concorde, sono in istudio i tipi per velocità da 5000 a 6000 km/h.

Conviene accennare ad alcuni veicoli speciali in fase sperimentale che, sul mare, utilizzano per i carichi pesanti l'effetto suolo per quelli leggeri il sostentamento alare a media altezza (fig. 10).

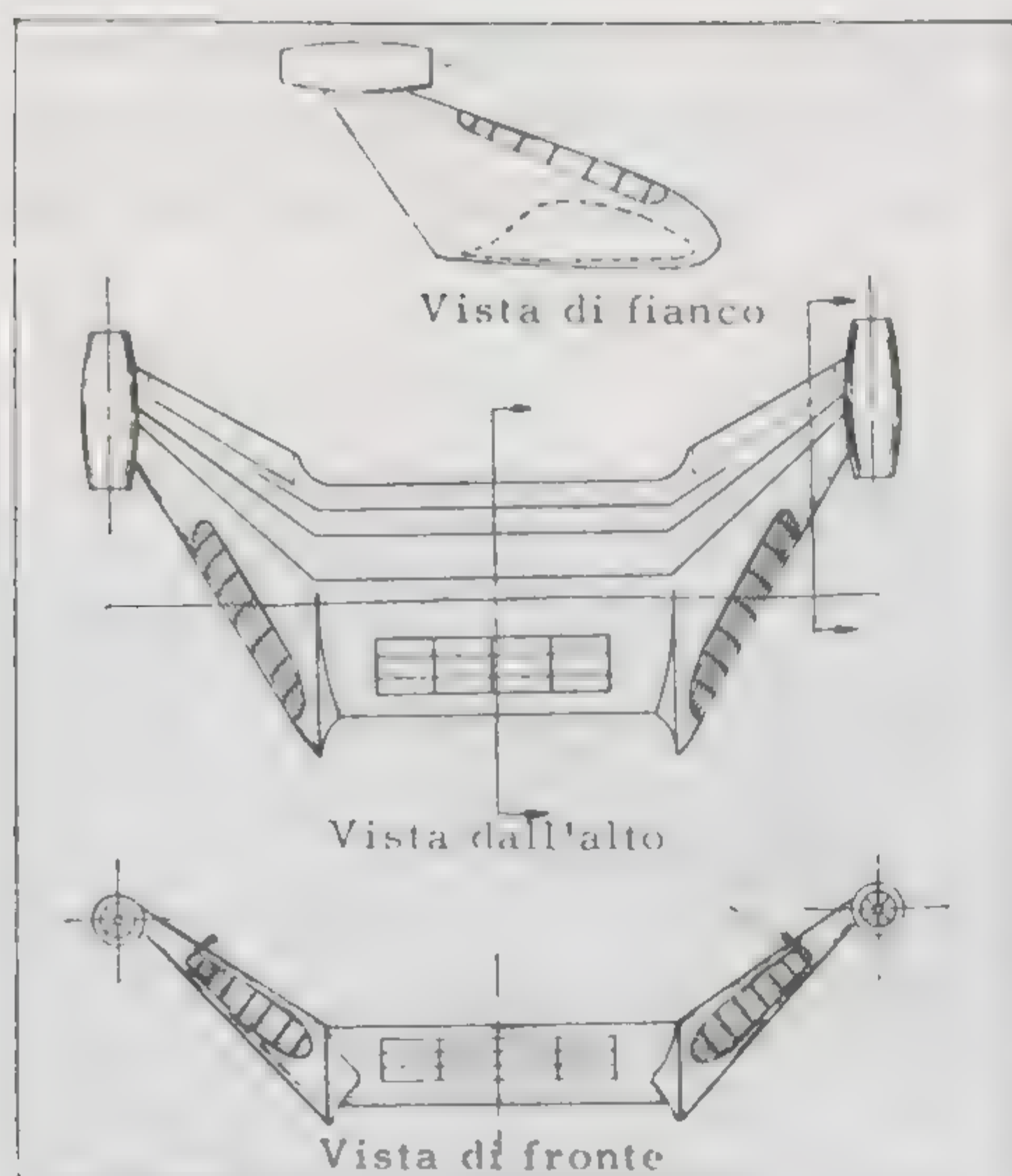


Fig. 10.

Veicolo Ge Stol Ram 1°. Dimensioni m 18 x 12 altezza m 6. Carico a 0,6 m sul mare 10 tonn. utili, in volo a 900 m d'altezza alla velocità massima di 130 km/h carico utile 4 tonn. Peso a pieno carico 20 tonn. Potenza 2000 HP.

Il desiderio di ridurre lo spazio di decollo ha spinto a studiare i tipi STOL a decollo corto, VTOL a decollo verticale e VSTOL funzionanti normalmente a decollo corto ma con possibilità di decollo verticale.

Lo spazio.

Anche su quanto avviene per l'astronautica sembra inutile soffermarci.

Ognuno segue con ansia e stupore il continuo vertiginoso progresso in un campo che sembra uscire dalle abitudini quotidiane per trasportarci in quello delle meraviglie romanzate. Giova però accennare alle conquiste tecnologiche apportate dall'astronautica, anche se molte di esse sono ancora segrete. Possiamo citare:

— La miniaturizzazione in generale;

— la microelettronica dei circuiti integrati che può fornire per cm³ una densità di 30 com-

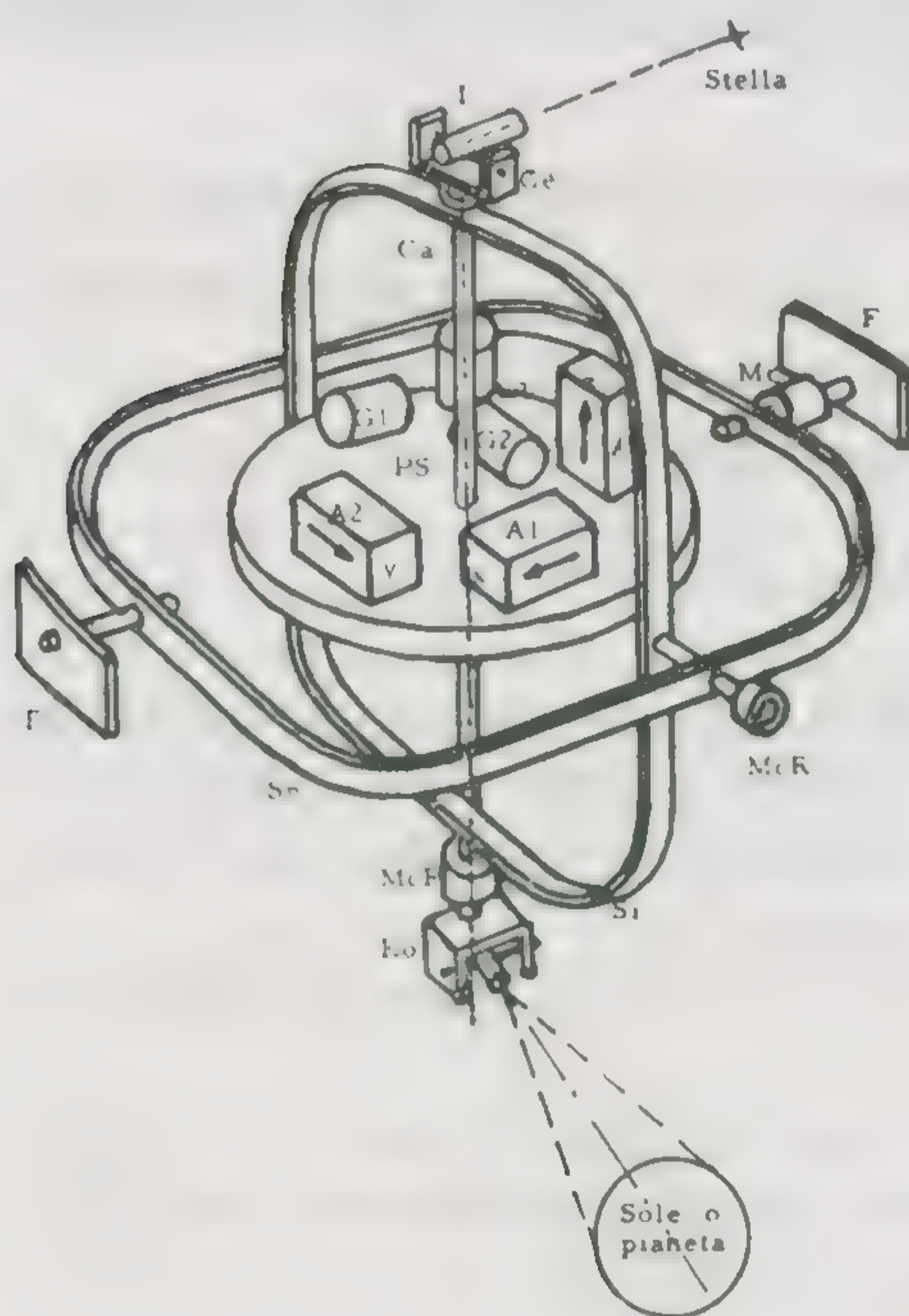


Fig. 11.

Navigazione spaziale. Accoppiamento di accelerometri a piattaforma giostabilizzata con puntatore stellare ed esploratore d'orizzonte per la correzione dei dati inerziali. A1, A2, A3, accelerometri unidirezionali. - Ca comando azimutale, Ce comando di elevazione del puntatore stellare Is. - Eo esploratore d'orizzonte. - F fasciame del veicolo. - G1, G2, G3, giroscopi ad un grado di libertà. - Mc motore di coppia. - McR motore di coppia risolutore. - PS piattaforma stabile. - Se sospensione esterna. - Si sospensione intermedia.

ponenti discreti, di 150 nei circuiti a film sottile, e, almeno in teoria, di 3000 nei microcircuiti allo stato solido;

— la navigazione spaziale di alta precisione, nella quale il sistema inerziale si integra accoppiando agli accelerometri a piattaforma girostabilizzata dei puntatori stellari e degli esploratori d'orizzonte (fig. 11);

— il motore a ioni la cui spinta è ottenuta accelerando, mediante un campo elettrico, delle particelle ionizzate, ad esempio, di cesio;

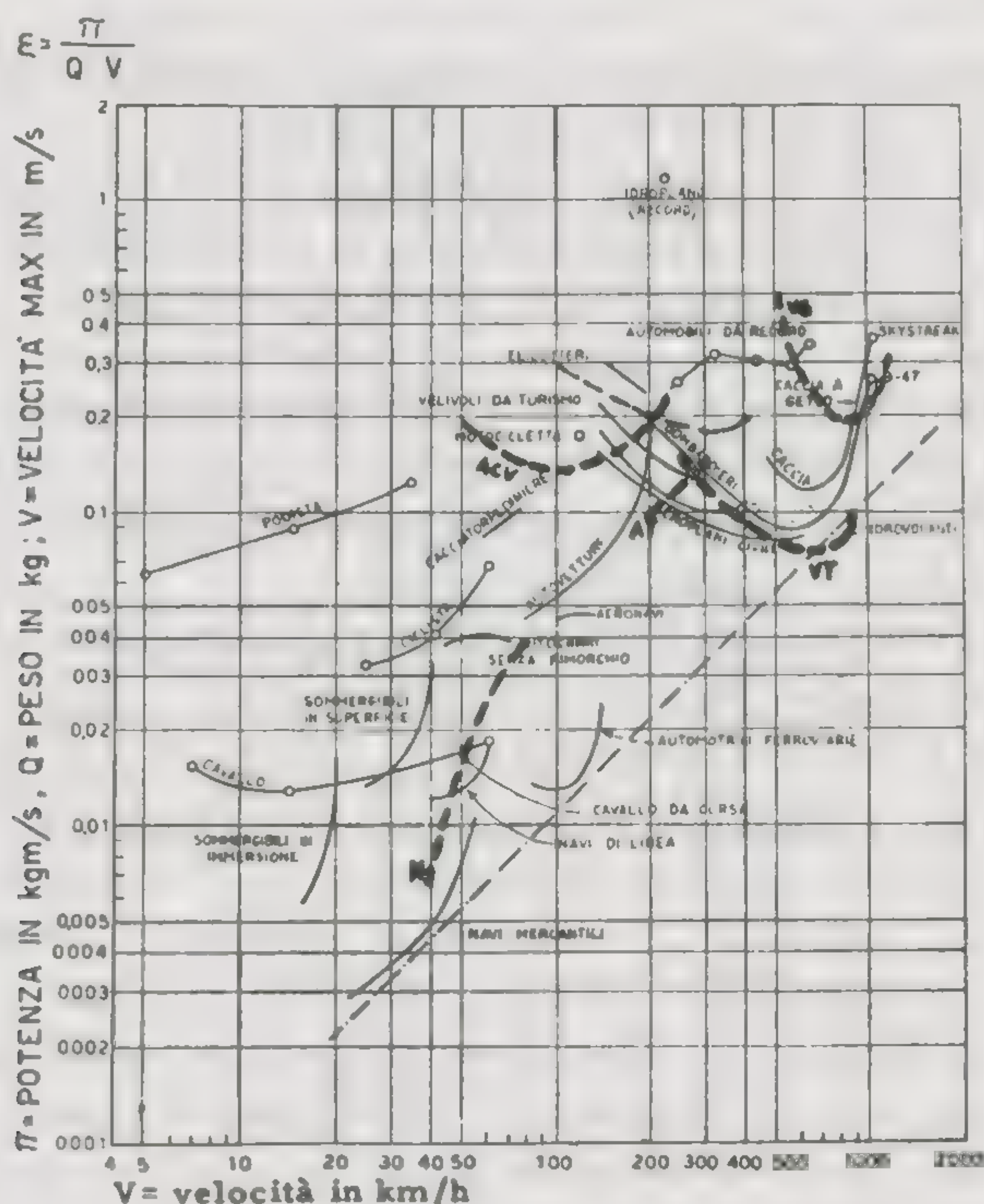


Fig. 12.

Diagramma Gabrielli-Karman.
(Dati 1950 con aggiunte 1960).

ACV veicoli a cuscino d'aria. - AT aerotreni. VT velivoli commerciali a turboelica. - VG velivoli commerciali a getto. - N sommergibili tipo Nautilus in immersione profonda.

— l'utilizzazione del Laser per portare segnali d'informazione a microonde, con la possibilità di usarlo per telemetrare i satelliti e per realizzare dei calcolatori ottici mille volte più veloci dei tipi elettronici;

— la soluzione del problema della protezione del veicolo che ritorna nell'atmosfera, realizzando l'*ablazione* termica mediante uno scudo capace di assorbire e dirottare lontano dallo scafo metallico il calore mediante la dissociazione delle molecole di idrogeno contenute in speciali materie plastiche rinforzate.

Per riassumere questo arido elenco di mezzi di trasporto mi valgo del ben noto diagramma Gabrielli-Karman nella forma del 1960 ⁽¹¹⁾ che fornisce per tutti i mezzi di trasporto in uso la potenza specifica in CV per tonn in funzione della velocità in km/h. È noto che le curve rappresentanti lo sviluppo tecnico di ogni veicolo tendono a divenire tangenti ad una retta limite. Oltre quel punto di tangenza la spesa di CV necessaria supera il vantaggio di velocità realizzabile (fig. 12).

La comunicazione di messaggi (informazioni).

Finora sono state esaminate le grandi vie per il trasferimento di cose e persone. Ma vi è una categoria di vie di comunicazione che ha forse ancora maggiore importanza sullo sviluppo tecnico-sociale ed è quella dell'informazione.

In parte vie e mezzi sono già stati accennati perché senza di essi anche i mezzi di trasporto materiali di tipo moderno non potrebbero funzionare.

Infatti essi hanno bisogno in ogni momento di ricevere e di trasmettere dei segnali, delle informazioni, degli ordini.

Dalle orme che permisero ai primitivi, come alle belve, di seguire una traccia, ai gesti, specie delle mani e delle braccia, alle prime parole, ai primi segni, ai tamburi e ai fuochi dei selvaggi, ai colombe viaggiatori che utilizzò Gengis Khan, sempre più avanti lungo il cammino della civiltà fino ai segnali dei naviganti con le braccia e le bandiere, all'invenzione della stampa, ai semafori di Chappe, all'eliografo, all'apparizione dei giornali, e poi ai sistemi più recenti, il telegrafo, il telefono, la radio, gli infrarossi, gli ultrasuoni, la televisione, il Radar, il Sonar, il Loran, ecc. è tutto un lungo, faticoso e geniale lavoro di perfezionamento teso a rendere sempre più rapide e sicure le trasmissioni di messaggi relativi a informazione, ordini, previsioni. Grande importanza hanno assunto i satelliti artificiali ⁽¹²⁾.

Da tempo esistono modi di informazione indipendenti dai vari linguaggi, il disegno, i numeri, i simboli matematici, le note musicali, l'alfabeto Morse, il bit delle calcolatrici.

Con queste notazioni si cerca di svincolare l'umanità dalle differenze dei linguaggi. Un tentativo inverso, che almeno in teoria, sembrerebbe più razionale, è quello di adottare una lingua universale, come, ad esempio, l'Esperanto.

⁽¹¹⁾ L. GUERRA, *Analisi secondo il criterio Gabrielli-Von Karman di alcuni moderni tipi di veicoli da trasporto e loro linee di sviluppo*, Genova, 1969.

⁽¹²⁾ I satelliti artificiali posti in orbita dalla NASA a partire dal 1960 sono di due tipi: passivi, semplicemente riflettenti e attivi, cioè ricevitori e ritrasmettenti.

Comunque cosa abbiano significato la stampa per la diffusione della civiltà e della cultura e i giornali, le telescriventi, la radio, la televisione per la diffusione delle informazioni è noto a tutti.

Molto rapidamente sono state qui ricordate invenzioni, scoperte, applicazioni tecnologiche suscitate ed utilizzate per il continuo sforzo dell'umanità teso al trasporto di cose, persone ed idee.

Questo grandioso mosaico formato da innumerevoli tessere ognuna delle quali può rappresentare una grande idea o una grande scoperta è, in un certo qual modo, l'inventario di quanto l'umanità lavorando, combattendo, soffrendo, ha realizzato in più di 5000 anni, di quanto almeno 10.000 generazioni hanno lasciato alle attuali.

È un'eredità gigantesca, ma anche schiacciante, perché all'aumento quasi sconfinato della tecnologia e della conoscenza non ha corrisposto un equivalente progresso della legge morale.

Gli eredi si trovano di fronte ad un patrimonio che non hanno ancora appreso a bene amministrare.

Ai giovani è commesso il grande compito di utilizzare i potentissimi strumenti messi a disposizione del progresso scientifico, ai fini di una grande idea di pace, di libertà, di giustizia e di bene comune.



Le grandi comunicazioni e lo sviluppo socio-economico.

Posizione del problema.

L'analisi del rilievo delle grandi comunicazioni rispetto allo sviluppo socio-economico può essere utilmente condotta utilizzando l'apparato teorico della scienza economica e l'apparato teorico della sociologia.

Analisi del problema attraverso l'economia.

Il rilievo di cui si è detto, sembra emergere, per quanto riguarda l'analisi economica, attraverso l'esame di tre contesti:

- 1) le comunicazioni come esigenza di sviluppo di un sistema economico aperto;
- 2) le grandi comunicazioni come strumento per sviluppare un sottosistema economico arretrato;
- 3) le grandi comunicazioni come strumento per creare un unico sistema territoriale fra due sottosistemi in espansione economica.

Per l'analisi del primo contesto si possono considerare i saggi di sviluppo di alcuni sistemi economici nazionali e i saggi di sviluppo delle esportazioni.

Nel decennio 1954-1964 il tasso di sviluppo medio-annuo del prodotto nazionale al lordo dei fattori dell'Italia è stato del 5,6% mentre il tasso delle esportazioni è stato del 12,84%; per la Repubblica Federale Tedesca il saggio del prodotto nazionale è stato del 6,9%, quello dell'esportazione del 10,04%; per l'Olanda il primo dato è 4,7% ed il secondo 8,31%; per la Francia 4,7% il primo e 6,89% il secondo ⁽¹⁾.

L'esportazione mondiale è cresciuta nel periodo 1953-62 del 5,87% mentre il MEC ha visto crescere le proprie esportazioni ad un tasso medio annuo del 9,26%.

⁽¹⁾ Fonte: « U. N. Statistical Yearbook 1965 », tabb. 183 e 184.

La comparazione fra i due saggi di crescita, quella del prodotto nazionale lordo per i singoli paesi e quello dei saggi di sviluppo delle esportazioni nell'ultimo ventennio ha portato alla formulazione di modelli in cui il fattore inducente è proprio l'esportazione. Tali sono ad esempio il modello di Kindleberger ⁽²⁾ e quello di Lamfalussy ⁽³⁾. Pur nella diversità di formulazione questi modelli mettono in evidenza come l'aumento delle esportazioni, che può essere dovuto ad una serie di fattori diversi, da un lato, mette in moto un meccanismo del tipo del moltiplicatore keynesiano, e, dall'altro, rende possibile per le imprese che aumentano le loro vendite, dovute al più ampio mercato, di ridurre i costi unitari per il gioco delle economie di scala ⁽⁴⁾ in senso lato, ossia non solo e non tanto nella sfera della produzione ma anche in quella della distribuzione e della ricerca.

Nell'analisi del Lamfalussy è alla caduta delle esportazioni che è da imputare il più lento sviluppo del sistema inglese rispetto ai paesi del MEC.

In questo contesto il problema delle grandi comunicazioni si pone come esigenza di creare adeguati canali di flusso per sistemi la cui dinamica è retta da forti interscambi; in questo contesto, dunque, il fattore grande comunicazione non compare tanto come fattore che induce lo sviluppo ma come esigenza posta dallo sviluppo stesso.

Il ruolo delle grandi comunicazioni è diverso se si prende in esame il contesto rappresentato dalle regioni arretrate iscritte in un sistema che globalmente può essere considerato sviluppato.

A proposito delle regioni arretrate si distinguono due diverse situazioni: la situazione in cui il sottosviluppo o l'arretratezza è rappresentata da un arresto di sviluppo dovuto alla presenza in queste regioni di un meccanismo produttivo che fu già in sviluppo ma che è diventato, per ragioni economico-tecniche, obsoleto, ed è questo lo stato di certe regioni minerarie e di certe regioni tessili dell'Inghilterra, e la situazione rappresentata da regioni che non sono mai uscite da un'economia a base agricolo-artigiana.

La seconda delle due situazioni presenta maggiore interesse ai nostri fini sia perché è la situazione di molte regioni italiane, sia perché consente di analizzare l'esportazione come fattore fondamentale dello sviluppo e il dualismo interno dovuto al formarsi o al persistere di aree economiche a livelli di sviluppo molto diversi.

⁽²⁾ C. KINDLEBERGER, *Lo sviluppo economico*, Milano, 1967.

⁽³⁾ LAMFALUSSY, *The United Kingdom and the six*, Londra, 1963.

⁽⁴⁾ Per un'analisi più approfondita di questi modelli si veda S. VINCI, *Esportazioni ed economia dualistica*, in « Lo sviluppo di una economia aperta », E. S. E., Napoli, 1969.

Il sistema economico italiano presenta, infatti, caratteri dualistici, nel senso che accanto a dei sottosistemi economici e territoriali ad elevato saggio di sviluppo e che registrano forti saldi positivi dei movimenti migratori, esistono altri sottosistemi che conoscono bassi saggi di sviluppo e forti esodi di popolazione. Questa situazione è evidenziata dai seguenti dati.

La percentuale della popolazione del Mezzogiorno rispetto all'Italia nord-occidentale è passata da 150 nel 1951 a 133 nel 1968, nello stesso periodo il reddito del Mezzogiorno rispetto all'Italia nord-occidentale è sceso da oltre il 48% al 43% circa; quindi spopolamento del sud e sviluppo del reddito inferiore a quello nord-occidentale.

Intorno alle ragioni di questo sviluppo dualistico si è cimentata l'analisi storico-politica e quella socio-economica. Dall'analisi di A. Gramsci che fa risalire detto dualismo al patto politico fra gli industriali del nord e gli agrari del sud, secondo cui si è realizzata l'unità nazionale e, quindi, alla mancata riforma agraria che ha impedito la formazione di una adeguata accumulazione primitiva nel sud e ha favorito il nord industriale, alle analisi del Romeo che tendono a dimostrare che quella storicamente percorsa era l'unica delle strade possibili ⁽⁵⁾.

Ma più che l'analisi delle cause del prodursi della situazione dualistica dell'economia italiana nel momento della formazione dell'unità nazionale, interessa analizzare il permanere e l'accentuarsi delle differenze fra regioni sviluppate e regioni arretrate, pur in presenza di un'attenzione politica per questo problema e il ruolo che alle grandi comunicazioni è stato fatto giocare o si tende a far giocare per l'unificazione economica del Paese.

Il problema dell'unificazione economica del Paese è stato, con intensità diversa, costantemente presente all'attenzione delle forze politico-culturali con accenti che, talvolta, tendevano a configurare il problema più come questione sociale e, tal'altra, più come questione economica, nel senso che solo assicurando lo sviluppo delle regioni arretrate, si sarebbe assicurato uno stabile saggio di sviluppo all'economia del paese nel lungo periodo, poiché si sarebbero allargati i mercati.

Il dibattito e le teorizzazioni sono state molteplici e diverse, qui interessa esaminare quelle posizioni che si connettono, anche se in vario modo, a quei modelli che individuano nell'esportazione il principale fattore di sviluppo delle economie.

Le posizioni che si inseriscono in questo quadro e che possono essere considerate tipiche sono quelle di Vera Lutz ⁽⁶⁾ e di Augusto Graziani ⁽⁷⁾.

⁽⁵⁾ Per una rapida rassegna della principale letteratura sull'argomento si veda A. CARACCILO, *La formazione dell'Italia industriale*, Bari, 1969.

⁽⁶⁾ VERA LUTZ, *Italy, a study in economic development*, Oxford, 1962.

⁽⁷⁾ A. GRAZIANI, *op. cit.*, pp. 28-51.

La Lutz parte da una visione neo-classica che considera il dualismo economico come dovuto principalmente a elementi non concorrenziali presenti nel sistema, essa ritiene che il superamento della situazione possa avvenire in una economia aperta favorendo la concentrazione degli investimenti nelle aree che assicurano più elevati saggi di produttività e quindi producono a livelli più competitivi, trasferendovi popolazione dalle regioni arretrate. In queste ultime, potranno essere trasferiti i « surplus » economici che si verrebbero a determinare nelle regioni più sviluppate, mentre la riduzione della pressione demografica, dovuta all'esodo, contribuirebbe a migliorare gradualmente la situazione.

L'analisi di Graziani parte dalla considerazione che « la domanda del mercato internazionale viene ad essere determinata dalle importazioni di pochi paesi industrializzati » i quali finiscono ovviamente « col determinare la domanda del mercato internazionale sia nel volume che nella composizione ». Le imprese che producono per l'esportazione sono indotte ad adottare tecniche altamente meccanizzate e per i forti sviluppi della produttività si trovano a dover seguire una politica di alti salari. Di conseguenza, la struttura della domanda interna sarà determinata dalla struttura della domanda estera e cioè dei paesi a più elevato reddito pro-capite, provocando, quindi, una distorsione dei consumi, e si avranno bassi sviluppi dell'occupazione perché si assisterà ad una sostituzione dell'occupazione nelle grandi imprese ad elevata intensità di capitale a quella nelle piccole imprese ad elevata intensità di manodopera, in quanto la domanda tenderà a rivolgersi alle prime.

Un'altra serie di conseguenze che può essere derivata ed è quella di ordine territoriale; siccome le grandi imprese a tecnologia avanzata sono localizzate e hanno convenienza ad espandersi nelle regioni già sviluppate tende a mantenersi e ad alimentarsi un dualismo territoriale.

La più radicale delle conseguenze che si potrebbero trarre da queste analisi è l'orientamento verso una economia chiusa anziché verso una economia aperta come quadro entro cui risolvere i problemi delle economie duali, anche in senso territoriale.

Se si esamina lo « schema per lo sviluppo del reddito e dell'occupazione nel decennio 1954-1963 » più noto sotto il nome di Schema Vanoni, che doveva servire come quadro di riferimento per la politica economica, l'orientamento che se ne può desumere non è quello di un'economia fondamentalmente aperta. Infatti la piena occupazione è assicurata da investimenti a bassa intensità di capitale, l'incremento della produttività media annua è intorno al 3%. La realtà, come è noto, andò in tutt'altra direzione, anche in conseguenza della scelta di entrare a far parte del Mercato Comune Europeo.

Il problema del Mezzogiorno, in questa fase della riflessione economica e di politica economica, fase che porta, da una parte, alla creazione della Cassa del Mezzogiorno e, dall'altra, alla formulazione dello « Schema Vanoni » si pensava risolvibile attraverso alla riforma agraria, anche qui da realizzare secondo indirizzi di elevata intensità di lavoro, e attraverso la costruzione del blocco delle infrastrutture considerate, queste, come condizioni preliminari per lo sviluppo intorno alle quali, tuttavia, si nutriva fiducia che ad esse sarebbe seguito lo sviluppo anche di attività industriale. Le infrastrutture qui vengono considerate come investimenti che assicurano l'occupazione diretta nella fase della loro esecuzione, che riducono i costi di insediamento delle imprese e migliorano le condizioni sociali. Non è ravvisabile un disegno preciso per le infrastrutture e meno ancora un piano globale in cui sia possibile cogliere e valutare la funzione delle singole infrastrutture e del complesso delle stesse.

Mentre la politica per il Mezzogiorno procedeva, poi, lungo la linea dei finanziamenti a fondo perduto e agevolati per le imprese che vi si localizzavano, venne ad assumere una fisionomia autonoma l'investimento per la costruzione di autostrade.

La costruzione della rete autostradale italiana non sembra in ciò che è, e nei tempi in cui è stata costruita, rispondere ad una logica di piano globale, in cui vi si possa trovare la determinazione della funzione e la compatibilità con altri investimenti, ma forse nemmeno risponde ad una logica di piano settoriale.

Schematicamente si può dire, tuttavia, che mentre nel nord rispondeva ad una esigenza di creare idonei canali per un flusso esistente, per il sud venne concepita come fattore per indurre la localizzazione di nuovi meccanismi produttivi.

Ma anche questa fase non raggiunge il livello della piena consapevolezza del ruolo assolto dalle comunicazioni che connettono dei sottosistemi territoriali sviluppati a sottosistemi territoriali arretrati. Tale consapevolezza è raggiungibile solo attraverso all'apprestamento di un piano globale di natura socio-economica e territoriale.

La situazione dell'economia italiana come economia aperta va assunta quale orientamento ormai immodificabile, di cui, tuttavia, vanno considerate tutte le conseguenze che si vengono a determinare a livello del sistema economico e territoriale. Tali analisi costituiscono l'indispensabile piattaforma conoscitiva per predisporre una strategia di interventi volta a risolvere i problemi di sottosviluppo. Strategia di cui sono momenti l'individuazione di poli di sviluppo e di complessi motori da localizzarvi capaci di indurre l'insediamento di imprese complementari, e, attraverso il reddito distribuito, di indurre la nascita di imprese locali, e la costru-

zione di reti di infrastrutture, principalmente, di comunicazioni, che siano funzionali a questo disegno, operando opportunamente a livello delle aree urbane che nel sud vanno espandendosi con una espansione tipica del sottosviluppo, in quanto legata ad una terziarizzazione non funzionale al livello della complessificazione della società ma funzionante come settore-rifugio di tipo parassitario.

Tutto ciò, come anzidetto, tenendo presente la necessità che il sistema italiano, in quanto sistema aperto, mantenga la propria competitività sui mercati mondiali.

L'analisi del terzo dei contesti indicati in cui le grandi comunicazioni compaiono come strumento per la formazione di un unico sistema territoriale fra due o più sottosistemi che già singolarmente possono essere considerati sviluppati, consente di esaminare i processi territoriali che tendono a prodursi in una fase di sviluppo che può, per certi versi almeno, essere considerata successiva a quella esaminata nel secondo contesto.

Questa analisi può essere utilmente affrontata osservando che nei paesi ad economia avanzata, e, si potrebbe dire, non solo in questi ma per queste analisi occorrerebbe introdurre altre linee di riflessione, la popolazione e le risorse vanno concentrandosi su territori relativamente ristretti, formando delle megalopoli. Per quanto riguarda gli Stati Uniti d'America è ravvisabile la formazione di una nebulosa urbana che da Boston tende a raggiungere Washington sull'Atlantico, è ravvisabile la formazione di una nebulosa urbana nella regione dei grandi laghi, una terza nebulosa la si ritrova sulla costa del Pacifico tra Los Angeles e S. Francisco, mentre una quarta è in formazione sulla fascia statunitense del Golfo del Messico.

L'analisi della formazione di questi poli o di questi insiemi polipolari è stata condotta mediante diverse linee teoriche da Myrdal, alla scuola di Perroux, a Bogue, sul terreno più propriamente economico o di economia dello spazio, a Rodwin su quello territoriale-urbanistico.

Myrdal, come è noto, spiega il fenomeno dell'ineguaglianza fra paesi ricchi e paesi poveri e, infine, tra regioni ricche e regioni povere all'interno di un paese, mediante il principio della causazione circolare cumulativa, secondo il quale ad un cambiamento iniziale ne succedono altri complementari per cui « un processo sociale tende ad essere cumulativo e spesso a procedere con moto accelerato » ⁽⁸⁾.

Il determinarsi di questo processo dà luogo a due effetti principali: l'effetto di « riflusso » e l'effetto di « diffusione ». L'effetto di riflusso, molto simile a quello della scuola perrussiana che ha lavorato intorno alla

⁽⁸⁾ G. MYRDAL, *Teoria economica e paesi sottosviluppati*, Milano.

nozione di « polo di sviluppo », consiste nell'attrazione di risorse finanziarie e umane verso il polo, mentre l'effetto di diffusione indica la propagazione dello sviluppo verso aree per lo più contigue o in relazione economica con i fuochi dello sviluppo.

L'analisi empirica dei poli di sviluppo mette in evidenza come l'effetto di riflusso sia molto più intenso dell'effetto di diffusione, per cui si assiste ad una progressiva intensificazione delle attività del polo più che ad un ampliamento del perimetro del polo stesso.

Trattando questi fenomeni attraverso le nozioni di economie e diseconomie da congestione ⁽⁹⁾ si può cogliere come il polo operi come una sorta di grande impresa formata da tutte le unità economiche insediate, grande impresa che, come tale, sfrutta le economie di scala. Gli effetti diffusivi di cui parla Myrdal, oltre che essere dovuti alle connessioni dell'apparato economico del polo come apparati economici esterni, per cui lo sviluppo del primo determina impulsi di sviluppo anche a quelli connessi, sono dovuti anche alle diseconomie di congestione che si manifestano nel polo sotto forma di un aumento della domanda di infrastrutture, soprattutto di canali di comunicazioni, eccedente l'offerta. Di qui la necessità di una ristrutturazione interna del polo che cambi il suo schema organizzativo e l'ampliamento dell'area dello stesso.

L'ampliamento e l'intensificazione dei poli appaiono funzione dell'ampiezza dei mercati. Nel caso dell'unificazione nazionale italiana l'ampliamento del mercato che ne è conseguito ha operato a favore dell'area nord-occidentale più industrializzata. Si pone ora il problema di che cosa tenderà a prodursi a livello territoriale come conseguenza della progressiva realizzazione del Mercato Comune Europeo.

L'Europa dei sei presenta alcune agglomerazioni di rilievo mondiale: l'area di Parigi con circa nove milioni di abitanti, la conurbazione Bruxelles-Anversa ne ha poco meno di due milioni e mezzo, il cosiddetto anello olandese con oltre tre milioni e la grande agglomerazione della Rhur-Renania con poco meno di undici milioni di abitanti.

A queste si devono aggiungere le agglomerazioni del triangolo industriale italiano.

L'IRES ha tentato di misurare con un indicatore di gravitazione la posizione delle maggiori aree europee per quanto riguarda le loro virtualità rispetto ai processi cumulativi di polarizzazione.

Ponendo uguale a 1 la posizione di Torino, l'IRES ha ottenuto i seguenti valori: Milano 1,29; Parigi 3,15; Bruxelles 2,07; Colonia 4,07.

Nei possibili processi di gravitazione su scala europea le cosiddette aree forti italiane, sembrano dunque essere sfavorite rispetto alle aree

(9) Si veda J. REMY, *La ville phénomène économique*, Bruxelles, 1966.

forti d'Europa centro-nord. Le diseconomie di agglomerazione che si possono produrre in queste possono essere efficacemente scongiurate attraverso ad una organizzazione delle aree che le connetta fra di loro, dirottando sugli spazi vuoti le potenzialità di sviluppo che, in questo modo, possono anche venire aumentate per effetto di impulsi che partono dai vari epicentri così connessi. Si otterrebbe una sorta di grande triangolo di circa 400 chilometri di lato, avente i suoi vertici in Parigi, Amsterdam e Strasburgo, che diventerebbe l'«area forte» europea.

Si pone, pertanto, il problema di creare altre «aree forti», dislocate in altre parti dell'Europa dei sei, che abbiano la capacità di generare forti processi cumulativi di sviluppo, evitando un lento svuotamento degli altri territori europei a vantaggio della grande polarizzazione. Una seconda area di questo tipo, capace di consentire al nostro paese elevati saggi di crescita, condizione necessaria per lo sviluppo di altre aree italiane, può essere ravvisata attraverso l'organizzazione del triangolo industriale italiano, allargato ormai al Veneto e all'Emilia, con il cosiddetto delta (Δ) francese, formato dai tre epicentri di sviluppo che sono Lione, Marsiglia, Perpignano.

La realizzazione di questo disegno richiede, tra l'altro, che queste aree siano fortemente connesse fra di loro attraverso fasci di comunicazioni stradali e ferroviarie a percorso veloce di cui sono elemento i trafori previsti dal piano piemontese: il traforo del Fréjus, il traforo del Ciriegia, il traforo del Colle della Croce.

L'analisi del problema attraverso la sociologia.

L'utilizzo dell'analisi sociologica per l'esame del rilievo delle comunicazioni può avvenire partendo dalle nozioni di divisione del lavoro e di differenziazione sociale.

Da A. Smith, a Marx ⁽¹⁰⁾ a Durkeim ⁽¹¹⁾ la complessità delle società moderne è spiegata come possibile proprio attraverso l'aumento della differenziazione sociale. Secondo T. Parsons e Smelser ⁽¹²⁾ il processo di differenziazione, mediante il quale avviene il cambiamento sociale, è una sorta di moltiplicazione per quattro dei sottosistemi sociali, costruiti a partire dalle quattro funzioni fondamentali del sistema sociale: la funzione culturale, la funzione integrativa, la funzione economica, la funzione politica.

I gruppi concreti che svolgono queste funzioni tendono sempre più a specializzarsi passando dal plurifunzionalismo ad esercitare funzioni sempre più specifiche.

⁽¹⁰⁾ K. MARX, *Il capitale*, cap. XIV, sez. IV, libro I, Roma, 1956.

⁽¹¹⁾ E. DURKEIM, *La divisione del lavoro sociale*, Milano, 1962.

⁽¹²⁾ PARSONS e N. SMELSER, *Economia e società*, Milano, 1970.

Tali trasformazioni sono chiaramente visibili in quella particolare formazione sociale del sistema parentale che è la famiglia.

Nimkoff e Russel Middleton ⁽¹³⁾ così schematizzano la trasformazione del sistema parentale: la famiglia indipendente emerge nelle società caratterizzate dalla caccia e dalla semplice raccolta del cibo; dove e quando l'offerta del cibo è più abbondante diventa caratteristica la famiglia estesa, la moderna società industriale è simile, per quanto riguarda le esigenze poste al sistema di parentela, alle società di cacciatori e di raccoglitori di cibo «il cacciatore è mobile perché insegue la preda, il lavoratore industriale perché insegue il lavoro».

È stata qui descritta con riferimento alla famiglia una delle trasformazioni caratteristiche della società industriale, per la quale si può dire che il cambiamento assume il carattere della fluidificazione delle formazioni sociali e della complessificazione; conseguentemente si infittiscono e diventano di raggio crescente le relazioni sociali. La società industriale si presenta, pertanto, come un sistema di comunicazione in straordinario sviluppo; probabilmente l'indicatore più tipico dello sviluppo delle società industriali può essere proprio considerato quello delle comunicazioni: flussi, modalità, canali.

Partendo da questo punto di vista, è possibile capire con maggiore profondità le ragioni del fortissimo sviluppo delle città, in generale, ma soprattutto delle metropoli: le città sono, come le ha definite Meier ⁽¹⁴⁾, sistemi di comunicazioni, e nella misura in cui la trasformazione della società, brevemente descritta, richiede canali e sistemi sempre più efficienti di comunicazione, le città sembrano destinate a crescere, almeno fino a quando radicali trasformazioni tecnologiche, in questo campo, non siano state introdotte nella direzione di consentire efficienti comunicazioni anche senza grandi concentrazioni spaziali.

Nella situazione descritta l'uomo sembra aver ripreso, evidentemente in contesti profondamente diversi, alcuni caratteri dell'uomo nomade, tanto che si parla di «neonomadismo».

L'uomo, che con l'agricoltura, nel neolitico, era stato radicato alla terra, facendo sorgere i miti e le forze «della terra del sangue», ora sembra sradicato dai contesti territoriali per le esigenze strutturali del sistema sociale in cui si trova a vivere; il diffondersi della motorizzazione privata e le vacanze itineranti non sono che manifestazioni di questa situazione strutturale.

⁽¹³⁾ M. NIMKOFF e RUSSEL MIDDLETON, *Types of family and types of economy in America*, in «Journal of sociology», n. 66, pp. 215-225.

⁽¹⁴⁾ R. MEIER, *A communications theory of urban growth*, M. I. T., 1962.

**Le connessioni economiche tra il Piemonte
e le regioni sud-orientali della Francia
nel contesto europeo.**

Nell'ultimo decennio sia nel Piemonte che nelle regioni francesi al di là delle Alpi sono stati impostati piani di organizzazione del territorio con differenti obiettivi, tutti però finalizzati a un potenziamento delle attività economiche. Le nuove prospettive che si creano appaiono giustificare i progetti di nuovi collegamenti tra le regioni alpine italo-francesi e accentuano l'esigenza di una loro sollecita realizzazione.

Il problema delle vie di comunicazione e dell'organizzazione del territorio non si pone però soltanto a valle del problema dello sviluppo economico e sociale; esso appare invero particolarmente rilevante come problema a monte dei problemi della crescita economica e civile.

Ritengo quindi opportuno prima di entrare nel vivo dei problemi di sviluppare alcune considerazioni generali sul significato nuovo che assumono le vie di comunicazione e sulle particolari prospettive che essi possono creare in se e per se alle regioni di frontiera di cui ci stiamo occupando. L'analisi delle tendenze passate confermerà gli orientamenti intravisti e offrirà motivi di riflessioni per il dibattito.

* * *

La localizzazione industriale nel passato è stata influenzata in modo decisivo dalla distribuzione territoriale delle risorse naturali (in particolare di quelle minerarie). Basterà ricordare il grande sviluppo che ha avuto il bacino della Ruhr. Gli sviluppi tecnologici recenti — in particolare la scoperta e l'applicazione di nuove materie prodotte dalla chimica ed in grado di sostituire alcune materie prime tradizionali, gli sviluppi dei mezzi di trasporto, la crescente importanza dei servizi che debbono insediarsi in aree contigue a quelle industriali — hanno modificato radicalmente le vecchie tendenze di localizzazione. La presenza di risorse naturali non è più il principale fattore di localizzazione. Maggiore importanza assumono

la disponibilità di mano d'opera varia e qualificata, la presenza di valide infrastrutture tanto più probabile quanto più elevato è lo sviluppo industriale già in atto, la presenza di servizi efficienti ed articolati, la vicinanza di industrie in qualche modo complementari. La crescente importanza di questi nuovi fattori di localizzazione ha rafforzato i movimenti cumulativi che sono una delle cause principali dei grandi fenomeni di inurbamento realizzatisi in tutti i paesi. La propensione delle popolazioni a spostarsi verso le città non è però spiegata soltanto dalle tendenze delle industrie a concentrarsi, ma anche della crisi della vecchia cultura contadina e dalle nuove propensioni sociali incoraggiate dall'affermarsi del nuovo capitalismo consumistico. Naturalmente tra i due ordini di fenomeni — economico tecnico quello della concentrazione geografica dell'industria, sociale economico quello dell'abbandono delle campagne e dei piccoli centri — si stabiliscono delle interazioni.

Il processo di concentrazione spaziale della popolazione e della attività economica ha creato nuovi problemi sia in Francia, dove esso si è manifestato prima e con particolare intensità, sia in Italia. Problemi di squilibri all'interno delle singole regioni in cui molte aree subiscono rapidi spopolamenti e squilibri tra le regioni, alcune delle quali tendono a progredire con maggiore rapidità. Problemi di insufficiente valorizzazione di certe risorse ed ostacoli ad uno sviluppo razionale dell'agricoltura, che si potrà realizzare solo se si svilupperanno nelle aree tradizionalmente agricole altre attività atte ad offrire varietà di prospettive occupazionali e a stabilizzare e a potenziare il processo di sviluppo economico (è noto infatti che il progresso tecnico determinerà anche nelle regioni ad agricoltura ricca forti riduzioni nella mano d'opera occupata). Problemi di congestione di certe aree e di esasperazione dell'inquinamento dell'aria e dell'acqua.

Non vi è dubbio che il processo di concentrazione spaziale è andato oltre il livello economicamente conveniente: ciò è stato possibile in quanto le decisioni di localizzazione delle industrie non sono coordinate e sono effettuate sulla base solo dei confronti di redditività aziendale senza tener conto dei vantaggi indiretti che alcune localizzazioni possono creare e dei costi addizionali che altre impongono alla società.

Le tendenze in atto poi sembrano prescindere dalle prospettive che gli sviluppi socio-economico aprono ad un futuro non vicino ma che tuttavia non può essere ignorato quando si decidono gli indirizzi dell'organizzazione del territorio destinati ad esercitare grande influenza sui fenomeni economici e sociali per decenni.

A queste prospettive è opportuno dare uno sguardo. Avremo così modo di sottolineare alcuni processi e criteri di valutazioni ai quali far riferimento quando affronteremo il nostro tema specifico.



Tra le attività economiche crescente importanza assume il turismo: in Francia si è calcolato che il valore aggiunto del turismo è superiore a quello dell'agricoltura: personalmente ritengo che sia assai difficile stimare un valore aggiunto riferibile al turismo, in quanto non si tratta di un settore produttivo isolabile degli altri ma di un particolare *collegamento* che viene a stabilirsi tra la domanda che particolari persone fanno di servizi e di beni offerti non solo da quelle entità cui il termine turismo fa pensare (alberghi) ma anche da unità che si considerano generalmente appartenenti ad altri settori (artigianale, agricolo). Uno sviluppo del turismo significa quindi uno sviluppo di numerose attività che se nella maggior parte son costituite da servizi, comprendono tuttavia anche attività manifatturiere e agricole. Orbene le prospettive di espansione della domanda di beni e servizi dovuta al turismo appaiono di particolare momento non solo per l'aumento del reddito medio ma anche per tre ordini di considerazioni cui non si presta sufficiente attenzione:

a) la ricerca di un antidoto alla vita cittadina nei suoi aspetti negativi che l'inquinamento dell'aria e dell'acqua va aggravando,

b) la relativa saturazione di altri consumi;

c) la possibilità di realizzare con nuove infrastrutture rese possibili anche dal progresso tecnico nuovi valori in certe aree turistiche. È sufficiente pensare al significato che possono assumere certe vie di comunicazioni in quanto atte a consentire facili collegamenti tra aree montane di notevole valore turistico e zone marine pure utilizzate turisticamente. Le une e le altre possono vedere aumentare il loro valore turistico in quanto capace di offrire molte delle attrattive di entrambi i tipi di soggiorno turistico.

Particolarmente notevole — soprattutto in conseguenza della riduzione della settimana lavorativa — sarà il turismo a fine settimana. La doppia casa cesserà fra non molti anni di essere un privilegio di una piccola élites per diventare una realtà per una porzione cospicua di lavoratori.

Gli sviluppi del turismo non hanno soltanto una rilevanza economica — essi potranno invero favorire lo sviluppo di molti settori anche nuovi — essi hanno anche notevoli implicazioni in materia di organizzazione del territorio. Soprattutto saranno le varietà di turismo ad influire sulle prospettive che si pongono alla organizzazione del territorio. L'attuale tripartizione tra aree urbane, aree agricole ed aree turistiche risulterà sempre più sfumata. Le aree agricole dovranno essere integrate nella città se

si vuole salvare le prospettive di sviluppo dell'agricoltura oggi minacciate soprattutto dal rifiuto dei contadini degli insediamenti di tipo tradizionale. Le nuove concezioni urbanistiche della città regione offrono fortunatamente valide soluzioni del problema. Le aree turistiche a loro volta tenderanno a collegarsi con le aree urbane mediante agglomerati che potranno servire per residenze di fine settimana. La città regione tenderà così a sfumare nelle aree turistiche: queste potranno essere potenziate da validi collegamenti con alcuni poli urbani. È a questo fine che, ad esempio sono stati suggeriti, in occasione del piano regolatore di Cuneo, particolari connessioni tra un centro culturale e di servizi da realizzarsi nella città e i centri turistici della zona.

* * *

Un altro sviluppo socio culturale merita di essere richiamato in queste considerazioni di ordine generale. Si tratta dell'omogeneizzazione culturale che si manifesta a livello internazionale: questa tendenza è spiegata sia dalla logica delle attività commerciali delle imprese che caratterizza il capitalismo consumistico sia dalle reazioni che si manifestano da parte dei giovani e dei tecnici. L'omogeneizzazione culturale propone nuovi problemi all'europa: i movimenti tra paesi diversi andranno intensificandosi, le possibilità di contatti culturali andranno accrescendosi, l'utilità dello scambio di diverse esperienze diventerà sempre più evidente.

Non starò qui a ricordare le ragioni politiche ed economiche che impongono una sollecita realizzazione dell'unità europea. È opportuno però richiamare alla nostra memoria gli ostacoli che le frontiere culturali, una realtà che resiste con maggior successo delle frontiere economiche, creano alla determinazione di alcune premesse per l'unificazione politica del vecchio continente

Le regioni di frontiera acquistano in relazione a queste nuove tendenze un significato del tutto particolare, ben diverso da quello che ad esse poteva essere attribuito nel passato.

Il consolidamento delle nazioni europee che ha caratterizzato il secolo scorso ha provocato una esasperazione delle tensioni in certe regioni di frontiera. Fortunatamente per le regioni che si collocano ad est e ad ovest delle Alpi occidentali queste tensioni non sussistono. Diventa pertanto più facile puntare su una valorizzazione della vicinanza geografica di diverse entità etniche per favorire il processo di internazionalizzazione della cultura e gli scambi di esperienze che sono di particolare rilevanza proprio nel campo di studi regionali. Le scienze regionali sono di sviluppo recente: il loro progresso dipende essenzialmente dalla possibilità di porre a confronto esperienze diverse quali sono appunto quelle che si sono avuti in diversi paesi.



Ricerca nuove dimensioni e strutture territoriali, creare con lo sviluppo di nuovi consumi (soprattutto dei consumi sociali) nuove prospettive di sviluppo economico, creare in particolare le premesse perché sia validamente soddisfatta la domanda turistica e perché siano operativamente comprese le implicazioni che essa ha sulla organizzazione del territorio, affrontare con decisione i problemi della congestione e dell'inquinamento dell'aria e dell'acqua e i problemi connessi della concentrazione spaziale delle attività industriali, problemi che sono oggi risolti senza tener conto degli effetti indiretti che le decisioni delle imprese hanno: ecco alcuni dei problemi che si presentano a noi quando guardiamo al futuro.

Questi problemi appaiono di particolare momento se consideriamo le tendenze che nelle regioni di cui si discute si sono manifestate nei decenni passate. Accennando a tali tendenze avremo la possibilità di avvicinarci ai problemi che dobbiamo dibattere. Io considererò in particolare le regioni italiane (più specialmente il Piemonte) lasciando all'amico Reboud il compito di approfondire la problematica relativa alle regioni francesi.



Prima della seconda guerra mondiale sia le regioni italiane che quelle francesi avevano grandemente risentito delle condizioni geografiche. La posizione geografica del Piemonte è invero tutt'altro che infelice. A chi guarda una carta geografica la nostra regione appare protesa verso l'area europea collegante zone della Francia e della Svizzera di notevole interesse economico e demografico. La barriera alpina — che peraltro già Annibale era riuscito a violare — ha contribuito col tempo a fare del Piemonte una specie di cul de sac nel quale tuttavia lo sviluppo economico ha potuto mantenersi ad un livello elevato grazie principalmente ad alcune cospicue iniziative industriali. Ed invero una delle caratteristiche peculiari del Piemonte è il relativamente debole sviluppo delle attività terziarie che non è stato senza influenza sullo stesso clima imprenditoriale. L'insufficiente sviluppo dell'impresa di media dimensione si spiega in parte per questo particolare contesto socio economico che si è verificato nella regione. Gli sviluppi, peraltro vivaci, che hanno avuto le varie scienze nella nostra regione non hanno trovato quella diffusione e quelle ripercussioni internazionali che forse era giustificato dalla loro validità obiettiva.

Il contesto socio economico che si è determinato nella nostra regione non è certo dovuto soltanto alla configurazione orografica in relazione alla posizione che essa occupa in Europa. Vi sono altri fattori a cui possiamo solo accennare: le ripercussioni dello spostamento della capitale, il peso determinante di pochi grandi complessi (soprattutto quello automobilistico) che ha generato uno sviluppo industriale il quale richiedeva in misura minore la partecipazione di autonomi settori finanziari e di servizio e incoraggiava sviluppi tecnico culturali unidirezionali, l'insufficiente sviluppo industriale delle altre provincie piemontesi per cui il ruolo metropolitano di Torino non ha potuto adeguatamente rafforzarsi.

Il primo di questi fattori ha solo un significato storico: gli altri purtroppo continuano ad operare. Anzi. In questo dopoguerra il rapido sviluppo di Torino e della sua regione è direttamente ed indirettamente imputabile nella maggior parte allo sviluppo rapidissimo della produzione automobilistica, sostenuto da una crescente domanda determinatasi per la particolare dinamica dei redditi individuali e per gli effetti di dimostrazione e la diffusione dei nuovi modelli di consumo di oltre oceano.

Il contrasto tra lo sviluppo industriale di Torino e quello del resto del Piemonte soprattutto delle provincie di Cuneo, di Asti e di parte della provincia di Vercelli è andato accentuandosi.

Queste contrastanti tendenze non hanno impedito una forte crescita demografica del Piemonte. Nel 1961 la popolazione era cresciuta (rispetto al 1951 dell'11,3% contro un aumento medio per l'Italia del 6,5%). Negli ultimi nove anni l'aumento è stato ancora più sensibile. Oggi la nostra regione attraversa una crisi di crescita. La mancata soluzione dei problemi delle infrastrutture e delle case per i lavoratori crea ostacoli diretti ed anche indiretti — per l'accentuarsi delle tensioni sociali — ad ulteriori espansioni delle attività industriali: questo si verifica alla vigilia di una grande crisi del settore agricolo che l'insipienza delle nostre dirigenze politiche non ha saputo anticipare malgrado le allarmanti documentazioni e le pressanti indicazioni elaborate da numerosi tecnici. Lo sviluppo turistico tende esso pure a concentrarsi in poche aree: esso è poi dovuto pressoché esclusivamente ad iniziative private e si realizza — possiamo dire — malgrado l'inerzia degli organi pubblici. Il problema delle grandi infrastrutture necessarie sia a potenziare il turismo sia a favorire una diffusione dello sviluppo industriale alle regioni meno sviluppate — si pensi alla provincia di Cuneo — non è stato validamente affrontato.

Il problema di più strette connessioni tra il Piemonte e le altre regioni francesi al di là delle Alpi assume pertanto un nuovo significato, in questa

nuova fase di sviluppo che si apre alla nostra regione. Quattro sono infatti le prospettive che vanno assumendo una particolare rilevanza:

a) le maggiori possibilità di esportazioni che più intensi ed efficaci collegamenti potranno determinare per le nostre regioni e di cui potrebbero avvantaggiarsi anche (e forse per alcuni settori soprattutto) alcune provincie oggi meno favorite;

b) un potenziamento delle aree turistiche. Si pensi al maggiore valore turistico che potrà derivare per alcune aree del cuneese dalla realizzazione della ferrovia Cuneo Nizza (che speriamo possa avvenire con l'applicazione di tecniche moderne in grado di assicurare elevate velocità);

c) il rafforzamento dei fattori favorevoli alla localizzazione industriale in certe aree soprattutto della Valle di Susa e del Cuneese e di certe aree dell'Astigiano;

d) gli stimoli a più frequenti scambi culturali tra le popolazioni delle regioni di frontiera e le maggiori facilitazioni alla realizzazione a tali scambi.

* * *

Esigenze di più stretti collegamenti con il Piemonte manifestano anche le regioni francesi. Alcune delle nuove vie di comunicazione che sono state progettate oltre che facilitare i collegamenti tra i due paesi migliorano le connessioni tra le varie regioni francesi: il Traforo del Ciriegia ad esempio che migliorerà le connessioni tra il nizzardo e l'area di Lione. Anche per le regioni francesi si pone il problema di migliorare le prospettive di sviluppo industriale attraverso una espansione delle esportazioni. A prima vista può sembrare che questo obiettivo non si possa porre per entrambi le regioni: quella italiana e quella francese. Per comprendere le possibili evoluzioni delle relazioni economiche tra le due zone non possiamo però applicare le teorie tradizionali del commercio internazionali sostanzialmente statiche. Rafforzando le connessioni tra le due zone si possono infatti accrescere le potenzialità produttive di entrambi e quindi determinare un cospicuo sviluppo della domanda non solo della domanda di prodotti nazionali ma anche della domanda di prodotti esteri.

In verità per una valida comprensione delle prospettive che si potranno creare dobbiamo impostare diversamente l'analisi. La realizzazione del mercato comune, l'omogeneizzazione che deve essere un obiettivo oltre che risultare un effetto delle intensificate connessioni tra le regioni renderanno sempre meno pertinente il riferimento allo schema della teoria

del commercio internazionale. Più che di due paesi si tratterà sempre più di una regione integrata che potrà ampliare le alternative di localizzazione offerte alle industrie nuove. Alcune di esse per i fattori più diversi potranno trovare conveniente localizzarsi nelle aree italiane, potendo contare non solo sui mercati italiani ma anche su quelli esteri specie su quelli francesi contigui in via di rapido sviluppo. Altre industrie troveranno più vantaggiosa la localizzazione in zone francesi e potranno sviluppare più rapidamente la loro attività grazie alle migliorate prospettive di esportazione in Italia.

Alcune tendenze in corso nelle zone francesi ci consentono di meglio qualificare queste prospettive.

L'area di Grenoble ed altre zone vicino a Nizza e vicino a Marsiglia appaiono interessati non solo da un rapido sviluppo industriale ma anche da un notevole sviluppo residenziale autonomo. Non sono pochi i lavoratori che cercano lavoro in aree più salubri ed attraenti. Un fenomeno questo che si era già manifestato negli Stati Uniti e che comincia ad assumere un certo rilievo nei paesi europei più industrializzati. La considerazione di questa tendenza può suggerire alcune utili riflessioni anche per il Piemonte.

Il Piemonte si è detto è una regione in cui lo sviluppo appare fortemente concentrato, in cui cioè vi sono centri — suscettibili di diventare dei poli minori di sviluppo — che presentano ancora delle strutture urbanisticamente poco compromesse. Un tempestivo valido piano urbanistico regionale potrebbe pertanto realizzare delle strutture urbane aperte, articolate, sfumanti in aree turistiche, dove collocare convenientemente la seconda casa o addirittura risiedere per venire poi a lavorare nelle zone industriali a mezzo di comunicazioni rapide. Questa possibilità che si offre al Piemonte è invece largamente compromessa per la Lombardia e per la Liguria. Se è vero che nel futuro i valori paesaggistici e di salubrità faranno aggio su quelli rappresentati dalla contiguità al posto di lavoro, il Piemonte ha delle possibilità di crescita particolarmente cospicue così come notevoli prospettive si vanno aprendo alle regioni francesi al di là delle Alpi.

Queste prospettive non solo non indeboliscono quelle che si potranno presentare alle altre regioni finitime ma potranno avere su di esse ripercussioni favorevoli.

L'organizzazione territoriale della Liguria non può prescindere da quella del Piemonte. L'alessandrino in particolare si qualificherà sempre più come ponte di collegamento e di potenziamento delle due regioni e potrà da un lato consentire un ampliamento dell'area industriale di Genova il cui porto potrà realizzare pienamente le sue potenzialità oggi soffocate dallo sviluppo industriale a ridosso delle attrezzature portuali e dall'in-

sufficiente crescita del terziario, dall'altro rafforzare l'asse Torino Genova con un generale potenziamento delle attività economiche delle due regioni.

Considerazioni analoghe si possono fare sulle prospettive di rafforzamento dell'asse Torino-Milano. Spetterà poi alla pianificazione regionale creare le premesse perché questi due assi non assorbino la quasi totalità delle attività industriali incoraggiando la formazione di megalopoli in contrasto con le esigenze e le possibilità della città regione. Le connessioni con le aree francesi che soprattutto con i nuovi trafori potranno intensificarsi potranno favorire e facilitare questi orientamenti della programmazione regionale.

In queste prospettive un asse internazionale sembra assumere un particolare rilievo: l'asse Torino Chambéry che potrà avere in territorio francese diverse diramazioni tra cui le più importanti sono quella che fa capo a Lione e quella che punta su Grenoble: anche in Italia le diramazioni saranno diverse.

Se i trafori e la costruzione di valide autostrade — come quella tra Torino e Lione — rivestono particolare interesse ai fini delle connessioni con le regioni francesi, il collegamento ferroviario tra la Valle d'Aosta e la Svizzera appare particolarmente necessario per potenziare la posizione geografica del Piemonte nel confronto del centro Europa. Inutile soffermarsi sui vantaggi che una tale via di comunicazione può rappresentare per le attività industriali e soprattutto per quelle turistiche della Valle d'Aosta.



La considerazione delle tendenze che si sono manifestate nel passato e quelle che appaiono in via di sviluppo giustifica l'attenzione che da molti è data al problema delle più strette connessioni e dei più facili collegamenti tra le regioni al di qua e al di là delle Alpi occidentali. Le indicazioni che emergono sono in perfetta armonia con le esigenze e le potenzialità che abbiamo cercato di cogliere considerando le prospettive di lungo periodo. È possibile quindi risolvere i problemi ereditati dal passato in modo da rendere più facile la soluzione di quelli che ci butterà davanti lo sviluppo futuro.

Individuare esigenze, potenzialità e orientamenti di azioni non basta per operare in concreto. Occorre individuare operatori, tipi di intervento, procedure e mezzi. Occorre formulare programmi.

Prima di affrontare questo tema che, sono certo, sarà al centro del dibattito, sono necessarie ancora alcune considerazioni.

Una prima considerazione sulla complementarietà dei vari sistemi di trasporto e sulle trasformazioni socio economiche che la loro realizza-

zione può determinare. Si è tentato in più occasioni di stimare i possibili traffici per le nuove vie di comunicazioni: in genere i dati effettivi sono poi risultati superiori a quelli previsti.

Ed invero le stime sono fatte generalmente sulla base di strutture e di tendenze in atto, strutture e tendenze che la creazione della nuova via di comunicazione può radicalmente mutare. Per molti problemi la programmazione teleologica appare preferibile a quella genetica. Occorre stabilire quali obiettivi si vogliono raggiungere, i mezzi con cui si può riuscire nell'intento e quindi analizzare le possibili implicazioni delle varie decisioni, considerate nel loro complesso tenendo conto, ben inteso, delle esperienze concrete e delle relazioni che esse possono rivelare tra diverse variabili. Particolare importanza assume in questa valutazione la considerazione dei rapporti di complementarietà tra i vari sistemi di comunicazioni. In una certa fase storica abbiamo assistito alla concorrenza tra le ferrovie e gli autocarri, più recentemente in America alla concorrenza tra l'aereo e il treno. Oggi lo sviluppo delle ferrovie si impone anche per decongestionare le strade e favorire il trasporto per autocarro. La congestione degli aeroporti — cui forse si potrà rimediare con la realizzazione del volo verticale — ha reso urgente e conveniente negli Stati Uniti la realizzazione di rami ferroviari realizzati con tecniche moderne per collegare città a 500-800 chilometri di distanza. Autostrade, ferrovie e linee aeree quindi debbono essere studiate nelle loro relazioni di complementarietà: inoltre occorre visualizzare delle strutture gerarchizzate oggi ostacolate dall'inerzia e dai campanilismi stimolati dalla irresponsabile cupidigia di potere di molti esponenti politici. Basterà ricordare la recente decisione di costruire un grande aeroporto a Firenze. Non occorre essere dei tecnici particolarmente versati per intendere l'utilità di pochi grandi aeroporti a livello internazionale (purtroppo nessuno in Italia è veramente tale) collegati a numerosi aeroporti di dimensioni assai minori in quasi tutti capoluoghi di provincia da cui l'afflusso sia limitato ad uno o due grandi aeroporti intercontinentali: in tal modo si assicurerebbe la diffusione delle facilitazioni aeree a tutta l'Italia ad un costo non molto superiore a quello che si sostenne per la costruzione di pochi aeroporti che sono superdimensionati se riferiti a certi standard validi e sottodimensionati se considerati in relazione ad altri pure validi.

* * *

Una seconda considerazione sulla complementarietà e sulla surrogabilità dei diversi obiettivi di politica economica. Si potrà obiettare alla realizzazione di nuovi sistemi di trasporto per la creazione di un'area economica europea forte italo-francese che considerazione prioritaria

deve essere data allo sviluppo delle regioni depresse. In verità l'obiettivo di potenziamento dell'economia delle aree a forte sviluppo industriale e quello di accelerazione della crescita delle regioni ritardate sono per certi aspetti complementari. Per poter intensificare il processo di industrializzazione nel nostro paese — condizione questa necessaria per l'attuazione di una politica di sviluppo delle regioni depresse, — occorre aumentare la capacità produttiva dell'economia: il che può essere fatto solo sfruttando le prospettive offerte dall'economia mondiale. Il problema quindi non è di sacrificare un obiettivo all'altro, bensì di visualizzare una politica che consenta di mirare al raggiungimento di entrambi. L'ostacolo principale che una tale politica deve affrontare è la deficienza di disponibilità finanziarie, più precisamente le disponibilità limitate di mezzi che possono essere dirottati alla realizzazione degli obiettivi proposti.

Questa limitazione può essere ridotta non già da una politica di generica austerità ma da una politica volta a modificare la struttura della spesa pubblica. Vi sono indubbiamente molte voci che possono e debbono essere ridotte; altre invece debbono essere espanse. Una politica strutturale richiede però capacità del governo di prendere decisioni autonome, e di resistere alle clientele locali, capacità di cui purtroppo i nostri uomini politici; anche quelli che si ergono a Catone nazionale non hanno dato alcuna prova. Il problema della struttura della spesa pubblica è strettamente associato al problema delle produzioni di infrastrutture secondo programmi validi e con tecniche e mezzi adeguati, un problema che solleva quelli della programmazione e dell'utilizzo dell'impresa pubblica per stimolare l'espansione e la riorganizzazione di certi settori (della costruzione in particolare). Qualche speranza sussiste circa una possibile soluzione del secondo dei due problemi ricordati. La programmazione economica rimane ancora un tema di studi e di dibattiti, non di concrete attuazioni. È motivo di grave sconcerto constatare che la nostra regione, che è stata forse la prima ad avvertire l'esigenza di politiche economiche nuove delle pubbliche amministrazioni locali e che dispone di un piano di sviluppo, non abbia realizzato neppure uno degli strumenti previsti da tale piano ormai al suo termine.

* * *

Vi sono quindi problemi a monte di quello dei mezzi e delle forme di intervento. Occorre che si delinei un chiaro impegno politico culturale per l'avvio di concreti programmi di organizzazione del territorio — per la cui attuazione urgono nuovi strumenti legislativi —, che le tre regioni coordinino le loro politiche, che le grandi infrastrutture siano concepiti nel contesto che la prospettiva di una regione forte europea italo-

francese giustifica, che le decisioni di fondo come quelle relative allo sviluppo dei porti liguri siano sottratte ai campanilismi locali, che siano organizzate conferenze tra i responsabili della politica regionale italiani e quelli francesi per una valutazione delle prospettive di comune interesse. Noi studiosi possiamo auspicare contatti più stretti tra le Università di Torino, di Grenoble, di Lione e di Marsiglia per lo studio dei problemi di comune interesse delle regioni. Questo impegno culturale potrà contribuire forse a ridurre le conseguenze negative che manifesta il continuo deterioramento delle elites politiche e la continua caduta della tensione morale.

Le prospettive internazionali sono incoraggianti. Se qualche decennio fa si poteva ritenere impossibile contrastare la schiacciante superiorità economica delle aree forti dell'Europa settentrionale, oggi, per lo sviluppo economico dei paesi che si affacciano sul Mediterraneo, per le nuove tendenze tecnologiche, per le nuove propensioni spaziali, per i processi di congestione nelle aree forti, la possibilità di contrapporre all'area forte del nord un'area forte del sud, di cui le regioni di cui discutiamo costituiscono un nucleo essenziale, appare suscettibile di realizzazione nel breve periodo. Traducendo in realtà questa possibilità noi porteremo il contributo più efficace alla realizzazione della unità europea, di questo passaggio obbligato al consolidamento della pace nel mondo.

Il prof. Mortarino desidera esprimere la sua opinione contro il turismo ritenuto una fase patologica delle attività umane, una dispersione dell'attenzione, che non può quindi essere un elemento positivo per lo sviluppo delle nazioni, né essere assunto come punto principale per impostare e motivare i collegamenti tra le nazioni.

RISPONDE IL PROF. SIRO LOMBARDINI:

Quando io prospetto lo sviluppo del turismo come uno degli elementi fondamentali da tener presente nell'organizzazione del territorio, — in particolare delle regioni a cavallo delle Alpi — non intendo dire che il turismo debba essere considerato in sé e per sé come l'attività principale di queste regioni. Certamente il turismo non basta a sostenere la vita economico-sociale. Le regioni esclusivamente turistiche — parlo di regioni abbastanza ampie e non di aree anche vaste nell'ambito di una singola regione — sono soggette a un deterioramento economico-sociale. Se ho auspicato per la Valle d'Aosta una connessione autoferroviaria con Ginevra — capace di migliorare anche i collegamenti tra il Piemonte e il Centro Europa (oggi per andare a Bruxelles, non abbiamo altro modo che passare per Milano) —, l'ho fatto non tanto in considerazione delle esigenze turistiche ma anche per garantire un potenziamento industriale di alcuni centri della Valle. In tal modo il potenziamento del turismo potrà avvenire senza provocare fenomeni degenerativi. Dopo queste precisazioni possiamo rispondere al quesito: perché il turismo rimane un tema centrale nella discussione, come risulta anche dalle considerazioni dell'amico Reboud. Rimane un tema centrale per il significato che lo sviluppo del turismo può avere e per gli effetti che può determinare. Ben inteso non intendiamo parlare di un turismo ben diverso da quello che merita i rilievi che sono stati fatti, cioè dalle manifestazioni di movimenti più o meno irrazionali che determinano un rilassamento, che aggravano se mai le conseguenze della vita cittadina, che portano la congestione là dove questa congestione prima non sussisteva. Il turismo se il territorio sarà organizzato razionalmente potrà assumere altre manifestazioni, potrà offrire delle occasioni anche di carattere culturale. Ecco perché, per esempio, ho auspicato delle connessioni tra aree turistiche e centri culturali che non possono essere

localizzati in ciascuna area turistica: ho ricordato l'esempio di Cuneo, ma gli esempi si possono moltiplicare. I collegamenti che Reboud ha auspicato tra Grenoble, Torino e Ginevra potrebbero permettere la formazione di un sistema di grossi centri che possono sostenere anche tutte le varie località turistiche. Non dimentichiamo poi che vi è un turismo di massa, vi è un turismo individuale e un turismo della seconda casa. Vi è poi una forma che è intermedia, che è in un certo senso una combinazione tra il turismo in senso tradizionale e la residenza nel senso tradizionale, residenza in aree più o meno turistiche resa possibile dall'attuazione della città regione e facilitata dalla riduzione degli orari di lavoro. Non dobbiamo quindi vedere soltanto le manifestazioni patologiche del turismo, dovute proprio alla mancanza di una programmazione regionale, per cui per certe aree non c'era altro che il turismo da sviluppare, per cui il turismo lasciato a sé senza alcune infrastrutture, non poteva che assumere certe manifestazioni. Se impostiamo il problema in termini nuovi, allora non solo non c'è contrasto fra le esigenze potenziali del turismo e quelle di altre attività. Tra queste varie attività si manifesteranno anzi delle complementarietà proprio in relazione a certe infrastrutture, che non appaiono giustificate (e convenienti) se si considera la sola industria, né lo sono se si considera solo il turismo. Ad esempio non appaiono giustificabili certe connessioni fra Grenoble e Torino se noi consideriamo solo l'industria o se consideriamo solo il turismo, ma sono giustificabili se consideriamo l'una e l'altra attività, soprattutto se noi vediamo il turismo non come un'attività che si contrappone alla vita normale di ogni giorno, ma piuttosto come un modo di vivere in cui può sfociare la vita di ogni giorno e che può ad essa dare nuovi significati.

Per quanto poi riguarda la parola omogeneizzazione mi accorgo d'aver usato un termine equivoco: il rilievo che è stato fatto obbliga a ripensare se non sia conveniente cambiare questo termine con un altro termine. Parlando di omogeneizzazione culturale non volevo spezzare una lancia a favore del conformismo: una tentazione alla quale non vado soggetto come fanno coloro che mi conoscono. Volevo solo accennare al fenomeno concreto del progressivo superamento degli isolamenti culturali che hanno caratterizzato epoche molto vicine. Per esempio noi economisti abbiamo spesso più frequenti contatti con gli economisti inglesi ed americani che non con economisti che sono a cento chilometri di distanza. Tutte le frontiere segnate o meno sulle carte che causano isolamenti culturali non sono giustificate. Lo scambio tra diverse esperienze può aiutarci a scoprire problemi comuni e a risolverli. I problemi delle comunicazioni sono comuni. Occorre conoscersi di più, apprezzare di più i contributi che gli altri possono dare, cioè non chiudersi nella propria provincia ignorando o magari, addirittura, disprezzando a priori quello che altri fanno. Io ritengo che nel nostro caso se

proprio vogliamo realizzare questa regione di frontiera noi dobbiamo puntare su questa internazionalizzazione: puntare anche per una ragione che io ho sottolineato. Rafforzando il momento tecnico, grazie al più vasto contesto internazionale noi potremmo contrapporre una resistenza alla tendenza pericolosa di deterioramento della vita politica e delle élites politiche che può compromettere quelle speranze, che solo qualche anno fa erano così vivaci nella nostra regione, di uno sviluppo politico sociale in grado di potenziare le varie attività non solo quelle industriali ma anche le attività agricole e quelle turistiche in un contesto di vita sociale più razionale e in particolare più favorevole ai lavoratori.

A conclusione del suo intervento il prof. Lombardini chiarisce che nel contesto dell'organizzazione territoriale auspicata e dello sviluppo dei consumi sociali che con una programmazione efficace si può assicurare, il turismo può non presentare gli aspetti giustamente criticati. Esso deve essere sviluppato in modo anche da contribuire ad un maggior sviluppo delle altre attività economiche: alcune infrastrutture, specie quelle delle vie di comunicazioni, sono giustificate solo da adeguati programmi di sviluppo sia del turismo sia dell'industria.

Importance économique des voies de communication dans la région Franco-Italienne des Alpes du Nord.

Puisque l'Académie des Sciences de Turin a organisé ce congrès à l'occasion du Centenaire du Tunnel du Fréjus, il n'est pas déplacé de vouloir à la fois d'une part se souvenir et apprécier le chemin parcouru, et d'autre part se tourner vers l'avenir en regardant le chemin qui reste à faire.

1) D'un *point de vue rétrospectif*, nous tournant vers le passé, on ne peut s'empêcher d'admirer la prévoyance de Cavour. Devinant le rôle que les chemins de fer seraient appelés à jouer dans les transports nationaux et internationaux, il n'hésita pas, il y a plus d'un siècle, à mettre en chantier une voie de passage susceptible de désenclaver la province du Piémont.

Certes, depuis qu'Hannibal les fit franchir par ses éléphants, les Alpes n'ont jamais été considérées comme une barrière infranchissable. Déjà les Romains utilisaient les cols du Grand et du Petit Saint-Bernard pour relier la lointaine Lugdunum aux provinces Padannes. Au Haut Moyen-Age, ce sont les hordes barbares qui utilisent, mais en sens inverse, les mêmes voies de pénétration pour déferler par le Val d'Aoste vers le riche Piémont. Puis ce sont les moines qui prennent le relais en utilisant le Col du Mont-Cenis pour relier la France à Rome, alors que le Col du Grand Saint-Bernard reste la voie de passage privilégiée entre Aix-la-Chapelle et la ville papale. L'influence monastique de Tarentaise se fait sentir en Val d'Aoste et réciproquement, en 1091, les sires de Francigny abandonnent leur suzeraineté sur la haute vallée de l'Arve aux moines de Saint-Michel de Cluse, proches de Turin. C'est ainsi tout le val de Chamonix qui se trouve rattaché à une communauté située au-delà du Mont-Blanc ⁽¹⁾.

Aussi loin que remonte l'histoire, les Alpes n'ont donc jamais été infranchissables malgré les difficultés, et c'est bien par une voie de passage inutilisée depuis longtemps que Bonaparte fera son entrée surprise en

⁽¹⁾ Cf. M. C. VARTANIAN, *Les premières conséquences du tunnel routier du Mont-Blanc*, « Mémoire ronéoté », Grenoble, 1968.

Italie. Il n'en reste pas moins que les données géographiques sont telles qu'il n'est pas habituel de parler de région frontalière entre la France et l'Italie.

Le relief ne permet en effet de trouver jusqu'en 1965, dans les 130 km (à vol d'oiseau) qui se déroulent en haute montagne, du Massif du Mont-Blanc jusqu'au Montgenèvre, que trois routes transalpines dont deux existaient déjà au Premier Empire. Pour une longueur de frontière analogue, entre la France et la Belgique, il y a 17 routes importantes, sans compter des dizaines de routes secondaires; entre la France et l'Allemagne, 6 ponts sur le Rhin, douze routes importantes à la frontière franco-suisse ⁽²⁾.

Mais, si le nombre des voies de passage est très inférieur à celui des autres frontières françaises, il faut ajouter que, sur les trois passages naturels entre la France et l'Italie, deux sont situés à plus de 2000 mètres d'altitude avec des routes qui doivent être fermées en hiver pour des durées variables suivant l'importance de l'enneigement. Même le plus méridional, le Montgenèvre, est un col situé à 1851 m d'altitude, et, lorsqu'on vient du Nord, il faut franchir pour y accéder le col du Lautaret qui est sujet à des fermetures imprévisibles au cours de la saison froide. Aussi, et bien avant le tunnel du Mont-Blanc, le Tunnel ferroviaire du Fréjus se révèle comme la seule voie de passage sûre en toutes saisons. Il constitue l'élément de base des voies de communication transalpines dont la zone d'influence s'étend vers l'Ouest à toute la France, aux pays du Bénélux et même à l'Angleterre, alors qu'à l'Est, elle se développe sur plus de 1000 km vers l'Europe Centrale et l'Europe Méridionale.

En dehors du passage méditerranéen de Vintimille, le Fréjus s'est donc révélé dès sa création comme la voie sûre et permanente (quelle que soit la saison) de franchissement de la barrière alpestre. Il a été en même temps le passage privilégié de la frontière franco-italienne et ce, jusqu'à la création des Communautés Européennes. Traditionnellement une frontière est considérée comme un moyen de protection. C'est une barrière à l'abri de laquelle on s'efforce de développer une économie protégée contre la concurrence et les fluctuations économiques venant de l'étranger. Traditionnellement aussi la frontière est la limite du territoire national au-delà de laquelle peut commencer la conquête: qu'il s'agisse d'une conquête guerrière et politique ou de la conquête économique de nouveaux marchés. Le Traité de Rome, en créant une communauté économique grâce notamment à l'établissement d'un marché commun a eu pour effet d'établir le libre passage des hommes, des biens et des capitaux entre des pays précédemment séparés. A la notion de frontière se substitue alors la notion de communauté économique qui conduit à poser de

⁽²⁾ Cfr. H. CHAMUSSY, *Les relations frontières franco-italiennes dans les Alpes du Nord et le trafic en 1964 et 1965*, « Revue de Géographie Alpine », 1967.

façon nouvelle le problème des voies de circulation à l'intérieur du territoire communautaire. Dans cette optique, le tunnel du Fréjus devient un moyen de communication interne dont il faut envisager le rôle à venir.

2) D'un *point de vue prospectif*, il faut situer l'avenir du Fréjus, comme celui de toutes les voies de franchissement des Alpes, dans le nouveau contexte européen. La suppression des barrières douanières, doit avoir pour premier effet un développement des échanges intra-communautaires conduisant vers une nouvelle spécialisation des tâches au sein du marché commun. Pour que ce développement des échanges et l'intégration des marchés puissent se réaliser, il est nécessaire d'harmoniser les législations et de coordonner les politiques comme ceci a été prévu dès le Traité de Rome. Il est nécessaire aussi de ne pas buter contre des obstacles matériels, et notamment contre une insuffisance des moyens de communications. Ceci constitue un problème qui prend toute son ampleur dans le cas des relations franco-italiennes en raison du cadre physique et géographique existant; et il n'est pas impossible que la percée de nouveaux tunnels se révèle très vite nécessaire, certains étant déjà en pourparlers.

Mais une véritable communauté ne pourra pas se réaliser par le simple accroissement des échanges, ni l'harmonisation ou la coordination des politiques globales. Dans le préambule du Traité de Rome, les états membres déclarent vouloir « renforcer l'unité de leurs économies et en assurer le développement harmonieux en réduisant l'écart entre les différentes régions et le retard des moins favorisés ». La mission impartie à la Communauté par l'article II du même traité consiste à « promouvoir un développement harmonieux des activités économiques dans l'ensemble de la Communauté ». Et, si l'on se penche sur les objectifs fixés par l'article III, on comprend sans peine que les objectifs fondamentaux du Traité de Rome impliquent une politique régionale à l'échelle communautaire. A l'heure actuelle, il apparaît déjà que les différences structurelles entre régions peuvent constituer un obstacle au fonctionnement normal d'un marché unique.

A fortiori, si l'on veut aboutir à une véritable union économique, il faut éviter que la coordination des politiques nationales et la mise en œuvre de politiques communautaires soient compromises par des disparités régionales. La politique régionale déjà entreprise dans les six pays doit devenir une politique commune. Dans cette optique, l'avenir du Fréjus doit être envisagé dans le cadre des communications entre régions françaises et régions italiennes et plus précisément la région française et la région italienne des Alpes du Nord. Des échanges intra-communau-

taires, on passe alors au problème des échanges intra-régionaux dans le cas particulier d'une zone frontalière.

Certes, les Alpes du Nord ne constituent pas une région frontalière au sens traditionnel du terme. On n'y trouve pas en effet cette population frontalière qui, pour des raisons d'emploi, de niveaux de salaire, d'avantages sociaux divers, habitent d'un côté de la frontière, tout en ayant son activité productrice de l'autre côté. Les migrations journalières n'existent pas pour des raisons géographiques évidentes. Et, même, depuis toujours, il est certain que le passage a été plus facile et plus fréquenté dans la région sud que dans la région Nord des Alpes. Quand on pense aux liaisons franco-italiennes, c'est plus à la région de Vintimille qu'aux cols et tunnels des Alpes du Nord, car Vintimille a toujours été le lieu de passage entre Marseille et Gênes, entre Marseille et Milan.

Et pourtant un certain nombre de caractères permettent indiscutablement de rapprocher la Savoie, la Haute-Savoie, les Hautes-Alpes et l'Isère du Val d'Aoste et de la région piémontaise. Sans insister sur les traits psycho-sociologiques communs qui résultent des conditions de vie au contact de la montagne, et d'une évolution historique dans laquelle la « Maison de Savoie » joue un grand rôle, il est possible de mettre l'accent sur certaines données économiques. Malgré des différences certaines, tant le versant français que le versant italien appartiennent à un type d'économie dont les ressources naturelles sont voisines: agriculture de montagne dont la période utile est courte en raison des conditions climatiques; ressources en eau et en bois qui ont entraîné avec le développement de l'hydro-électricité, des implantations industrielles telles que papeteries et cartonneries; mais surtout ressources touristiques qui tendent à prendre aujourd'hui une extension considérable avec les stations de sports d'hiver de la Savoie, de la Haute-Savoie et de l'Isère d'une part, de toute la région de Courmayeur d'autre part.

Notons d'ailleurs que de ce dernier point de vue il est difficile de ne pas étendre la région franco-italienne des Alpes du Nord au Valais suisse dont les caractéristiques, spécialement en ce qui concerne le tourisme, sont trop voisines pour être ignorées. Au fond, même si cela nous conduit à sortir du cadre strict des Communautés Européennes, il ne paraît pas exagéré de dire qu'il existe, au moins potentiellement, une région-frontière franco-italo-suisse reposant sur trois grands points d'appui qui sont respectivement Grenoble, Turin et Genève. Cette région-frontière trouve en outre des points d'encrage plus fondamentaux avec Lyon et Milan (dont nous aurons l'occasion de reparler); mais, s'il est vrai que « le développement harmonieux et cohérent des régions frontalières avec celui des autres régions de la Communauté (européenne) constitue un

des objectifs essentiels d'une politique régionale à l'échelle communautaire ⁽³⁾, c'est bien le triangle Genève, Turin, Grenoble qui doit être pris en considération.

Toutefois, si cette région frontalière présente bien un potentiel qui lui est propre en fonction de caractéristiques communes et d'une vocation particulière, il est nécessaire de s'interroger sur les moyens indispensables à son développement. Au moment de la suppression des frontières entre les six pays de la Communauté Européenne, peut-on penser que la simple croissance des échanges sera capable, dans le cadre de la théorie classique du commerce international, de permettre à une région plurinationale de s'épanouir? Doit-on au contraire considérer que seule une politique volontaire sera à même de faire face aux destructurations et restructurations indispensables à l'émergence d'une région frontalière véritablement intégrée?

En conséquence, si un centenaire consiste bien à prendre une vision rétrospective et prospective, nous devons d'abord considérer le Fréjus parmi les autres voies de communication transalpines comme ayant constitué et devant constituer un moyen de développement des échanges intra-communautaires et inter-régionaux. Mais, plus largement, dans l'optique de la création d'une véritable région frontalière franco-italienne des Alpes du Nord, nous devons nous demander quel rôle le Fréjus et les autres voies de communication peuvent jouer dans la construction volontaire d'une région franco-italienne véritablement intégrée.

Ière Partie.

VOIES DE COMMUNICATION ET DEVELOPPEMENT DES ECHANGES

Dans une optique d'économie libérale traditionnelle, l'intégration économique internationale doit pouvoir s'établir par le simple abaissement des barrières douanières. En effet la suppression des obstacles à la libre circulation des produits doit entraîner une spécialisation internationale et faire apparaître des complémentarités qui entraîneront à leur tour les déplacements de main d'œuvre et de capitaux nécessaires à la meilleure exploitation possible des ressources et des capacités économiques.

(3) R. SUSSEN, *La contribution des Communautés Européennes au développement des régions frontalières européennes*, « Rapport au colloque de Bruxelles », 27-28 novembre 1969.

Nous savons bien aujourd'hui que la libre circulation des marchandises, des hommes et des capitaux est certainement nécessaire pour une intégration économique. Elle n'est pourtant pas suffisante dans la mesure où elle est susceptible d'entraîner un accroissement des déséquilibres inter-régionaux. Toutefois, si l'on examine l'importance des voies de communication, c'est bien dans une optique de liberté des échanges qu'il faut simplement se placer. Il s'agit en effet pour nous de voir dans quelle mesure les voies de communication transalpines ont favorisé les échanges entre la France et l'Italie (échanges internationaux), ainsi que les échanges à l'intérieur de la région franco-italienne des Alpes du Nord.

A - Le développement des échanges internationaux.

Dans le cadre de la Communauté européenne, la libre circulation des marchandises est pleinement acquise depuis le 1er juillet 1968. Il n'a toutefois pas fallu attendre cette date pour voir se développer les échanges intracommunautaires. Depuis le 1er janvier 1958, date qui correspond au moment où la reconstruction économique européenne est achevée, mais qui correspond surtout aux premières mesures de désarmement douanier entre les six pays du Marché Commun, les statistiques nous permettent de voir l'importance de la croissance des échanges franco-italiens.

Si l'on s'en réfère aux documents de la Communauté économique retraçant l'évolution des échanges intracommunautaires de 1958 à 1968, on s'aperçoit qu'en millions de dollars les importations françaises en provenance des autres pays-membres passent de 1227 à 5374, ce qui fait un taux moyen d'accroissement de 17.8%. Parallèlement, les importations italiennes passent de 687 à 3390, soit un taux d'accroissement de 19.4%. Pour les exportations vers les autres pays communautaires, la France passe de 1136 en 1958 à 4702 en 1967 (+ 17.1%) l'Italie de 608 à 3373 (+ 21%).

Dans cet ensemble communautaire, les échanges franco-italiens ont eu une croissance toute particulière:

Réseau des échanges intra-communautaires en millions de dollars.

Destination Origine	Italie		France	
	1958	1967	1958	1967
France	155	1 045	—	—
Italie	—	—	132	1 074

Si l'on rapporte ces chiffres à l'évolution des échanges entre les six pays donnés ci-dessus:

en 1958, les exportations de la France vers l'Italie représentent 13.6% des exportations françaises intra-C.E.E. Elles représentent parallèlement 22.5% des importations italiennes intra-C.E.E.

en 1967, les pourcentages deviennent respectivement 22.2% et 30.8%. Autrement dit, l'importance des exportations françaises vers l'Italie dans l'ensemble des échanges intra-C.E.E. et les importations italiennes en provenance de la France ont vu leurs pourcentages s'accroître très sensiblement.

En sens inverse, les exportations italiennes à destination de la France représentaient en 1958 21.7% des exportations italiennes vers les pays de la Communauté; en 1967, elles représentent 31.8%. Parallèlement, ces exportations italiennes représentaient en 1958 10.7% des importations françaises en provenance de la Communauté; elles représentent en 1967 pratiquement 20%.

Il est possible de compléter ces données par les chiffres fournis par les douanes françaises au sujet des importations et des exportations de la France vers l'Italie. En tonnes et en milliers de francs, on peut comparer les statistiques de 1950 à celles de 1969. Les importations françaises en provenance d'Italie passent de 260.822 tonnes en 1950 à 4.891.325 t en 1969. Parallèlement les exportations françaises à destination de l'Italie passent de 1.956.308 t à 8.441.849 t. Ces données quantitatives sont celles qui vont nous permettre de situer l'importance du trafic passant par le tunnel du Fréjus. Il importe pourtant de souligner auparavant les obstacles qui continuent à empêcher des échanges encore plus développés entre nos deux pays.

En effet l'usager qui suit les négociations bruxelloises ne manque pas d'être surpris par l'ampleur des difficultés concrètes qu'il doit encore surmonter plus de 18 mois après l'établissement de la libre circulation des produits. Les premières sont afférentes aux réglementations en matière de contingentement pour le transport de marchandises par route entre les états-membres. Le premier contingent d'autorisations communautaires est entré en vigueur le 1er janvier 1969 (286 autorisations). Il vient s'ajouter au système d'autorisations bilatérales en vigueur avant cette date. A ceci, il faut ajouter la non-harmonisation des règlements en matière de transports internationaux routiers, notamment en ce qui concerne le nombre de chauffeurs suivant le ronnage. Dans ces domaines, c'est au niveau national que des aménagements devraient être apporté de façon urgente. Un deuxième lot de difficultés relève des services douaniers eux-mêmes. A certains lieux de passage, un effort a été fait pour réunir au

même endroit les services de douane et de police français et italiens; à d'autres, il faut en revanche que l'usager s'arrête quatre fois de suite. Ce ne serait pas très grave si les heures d'ouverture et la compétence des bureaux français et italiens étaient les mêmes, ce qui n'est pas le cas, notamment pour la compétence entre le bureau italien de Clavières et le bureau français de Montgenèvre.

Faut-il ajouter qu'en certains endroits les dispositions concernent le poids maximum du véhicule transitant par un col, alors qu'à d'autres il s'agit de la « charge par essieu »?

Certes des efforts de coordination ont été faits plus peut-être en ce qui concerne le rail que la route. Les efforts réalisés à Modane en vue de faciliter les formalités douanières ne sont certainement pas étrangers à l'importance du trafic ferroviaire passant par le Fréjus, même si du côté italien il a fallu attendre la nouvelle loi douanière entrée en vigueur fin mars 1970 ⁽⁴⁾.

L'évolution du trafic du Fréjus nous montre que les exportations françaises à destination de l'Italie transitant par le point-frontière de Modane (donc par le Fréjus) ont passé de 668.696 t en 1953 à 3.062.554 en 1969. Inversement, les importations françaises en provenance d'Italie ont été au même bureau-frontière de 134.110 tonnes en 1953 et de 1.120.994 en 1969. Ceci veut dire qu' $\frac{1}{3}$ des exportations françaises à destination de l'Italie passe par le tunnel du Fréjus; $\frac{1}{3}$ également des importations y passait en 1953 alors que c'est $\frac{1}{4}$ en 1969. Malgré cette légère diminution d'importance, on est surpris de voir la place que tient le tunnel dans le trafic des pommes de terre, céréales, produits laitiers, viandes et bestiaux, ferraille, bois, terre et sable et automobiles de la France vers l'Italie, des fruits et légumes, des produits chimiques, des automobiles et des produits manufacturés de l'Italie vers la France.

Il n'est pas inutile non plus d'ajouter que le tunnel du Fréjus a permis l'établissement d'une navette automobile entre Modane et Bardoneche. Le nombre de véhicules transportés dans les deux sens a évolué de la façon suivante au cours des dernières années:

1962	30 581	1966	45 533
1963	40 130	1967	48 388
1964	36 886	1968	42 648
1965	39 490	1969	50 298

(4) En ce qui concerne les aménagements apportés au contrôle douanier en gare de Modane, on pourra voir: M. DOMENECH, *Organisation du transit franco-italien à Modane*, in « Revue Générale des Chemins de Fer », 1970, pp. 320 à 326.

En conséquence, et surtout si l'on rappelle que la voie traditionnelle de passage entre la France et l'Italie se situe à Vintimille, on voit bien que le Fréjus est la principale voie de communication dans la région franco-italienne des Alpes du Nord. Le rôle qu'il a joué dans l'évolution des échanges franco-italiens en est témoin. Il faut voir s'il a permis de la même façon le développement des échanges inter-régionaux dans la région franco-italienne des Alpes du Nord.

B - Le développement des échanges inter-régionaux.

« Le Professeur Léontief a récemment présenté un modèle d'analyse des échanges inter-régionaux fondé sur la notion de gravitation, il conduit de la façon la plus moderne à l'heure actuelle à une notion opérationnelle de la région définie par ses *échanges extérieurs*.

Le Professeur Perroux, en soulignant que l'espace polarisé est un champ de force dont la croissance est fonction de ses industries motrices, définit au contraire la région par sa cohésion et sa polarisation, c'est-à-dire par ses *échanges internes* » ⁽⁵⁾.

Il n'est pas dans notre intention, faute de données statistiques adéquates en raison des insuffisances de la comptabilité régionale française, de conduire une analyse de la région à partir d'un modèle utilisant les échanges extérieurs ou les échanges internes. Il n'est pas évident d'ailleurs que la région franco-italienne des Alpes du Nord puisse à l'heure actuelle se caractériser de cette façon.

En ce qui concerne les *marchandises*, il est impossible de mettre en parallèle les échanges internes et les échanges extérieurs de notre région dans la mesure où l'on ne connaît pas précisément les échanges que peuvent avoir les départements de l'Isère, de la Savoie et de la Haute-Savoie avec les autres départements français. Il en va sensiblement de même du côté italien. En conséquence, tout ce que l'on peut faire est d'estimer la part des importations et exportations de la France vers l'Italie qui ont leur origine ou leur aboutissement dans les trois départements mentionnés. Or, pour les années 1967-68, on s'aperçoit qu'environ 6% seulement des importations françaises en provenance d'Italie et environ 5% des exportations françaises à destination de l'Italie s'arrêtent ou trouvent leur origine dans les trois départements frontaliers. C'est donc une part minime qui ne permet en rien de penser une unité régionale.

Il est peut-être plus intéressant de voir que, dans le commerce extérieur de nos trois départements vis-à-vis de l'ensemble de la Communauté européenne, l'Italie vient bien évidemment en première place. Ceci est

⁽⁵⁾ J. BOUDEVILLE, *Les programmes économiques*, P. U. F., 1963, p. 75.

vrai pour les importations plus que pour les exportations. Et ce phénomène est particulièrement frappant pour la Savoie alors que pour l'Isère et la Haute-Savoie l'Allemagne vient presque en concurrence avec l'Italie sur le plan des échanges extérieurs. (Cfr. l'annexe 3). En conséquence il n'est pas possible de dire que les voies de communication aient particulièrement favorisé le développement des échanges inter-régionaux.

La situation semble toutefois différente en ce qui concerne la libre circulation des personnes, admise dans son principe à compter du 1er juillet 1968 au sein du Marché Commun. Depuis l'adoption par le Conseil des Ministres le 29 juillet 1968 d'un règlement et d'une directive qui ont pour effet d'abolir la « priorité nationale », de supprimer le permis de travail et d'accorder le permis de séjour pour une durée de 5 ans renouvelable automatiquement, la libre circulation des travailleurs semble solidement établie. Ceci est d'autant plus vrai que l'égalité de traitement avec les travailleurs nationaux est assurée dans tous les domaines qui ont une influence directe ou indirecte sur l'exercice d'un emploi (éligibilité aux organes de représentation du personnel, identité de régime fiscal et avantages sociaux...).

Seulement, cette libre circulation bute en réalité bien souvent sur des problèmes de qualifications professionnelles différentes suivant les pays. La Conférence Permanente des Chambres de Commerce françaises et italiennes des régions-frontières s'est, depuis plusieurs années, penchée sur cette difficulté et a commencé une étude comparative des programmes de formation des apprentis dans certains secteurs d'activité (mécanique, arts graphiques,...), tout en développant un programme de stages de jeunes français en Italie, et vice-versa. Même si les réalisations restent encore très modestes et si l'enseignement de l'Italien dans tous les lycées techniques ne constitue encore qu'un vœu, nous pouvons dire qu'existe l'embryon d'une collaboration frontalière qui trouve sa justification dans l'importance du nombre de travailleurs italiens qui viennent travailler en Savoie, Haute-Savoie et surtout dans l'Isère (Cfr. annexe 4).

Il faut remarquer à ce sujet que les quelque 68 à 69 Italiens (hommes, femmes et enfants) qui sont venus s'installer dans ces 3 départements entre le 1er janvier et le 31 décembre 1969 forment certainement une grosse partie de l'immigration italienne en France. Ce chiffre pourrait être encore plus élevé si certaines réglementations étaient harmonisées au niveau national comme par exemple la réglementation en matière de permis de conduire pour les chauffeurs de poids lourds. Il n'en reste pas moins que le mouvement d'immigration, bien qu'il soit presque à sens unique, est à l'heure actuelle un élément non négligeable d'intégration régionale.

Quant à la libre circulation des capitaux, également acquise dans son principe, elle subit bien évidemment tous les contre coups des difficultés monétaires. Il en résulte, à l'heure actuelle autant qu'on puisse le savoir, une très faible ampleur des mouvements à court et à long termes. Pour le court terme, il n'est guère besoin de fournir des explications qui sont évidentes. Pour les capitaux à long terme, il ne semble pas que des firmes italiennes soient venues s'implanter dans le Sud-est de la France, alors que quelques entreprises du Sud-est français seraient allées s'installer en Lombardie. Mais il ne s'agit là que d'indications très vagues qui n'ont pu être précisées. Elles coïncident pourtant assez bien avec ce que l'on observe en matière de droit d'établissement. Jusqu'à maintenant le nombre annuel des ressortissant des pays de la Communauté qui viennent s'établir sur l'ensemble du territoire français est d'environ ⁽⁷⁾ 750 pour les commerçants, 200 pour les industriels; et rien ne tend à prouver qu'il s'agisse particulièrement d'Italiens venant s'implanter de l'autre côté des Alpes.

Au total, et tant que les modalités administratives d'application de la Directive du Conseil des Ministres de la C.E.E. du 29 juillet 1968 n'auront pas été réglées, il ne semble pas que de forts mouvements d'implantation de capitaux puissent voir le jour, notamment en raison des difficultés du Droit d'établissement.

En fait, pour la région qui nous intéresse, il vaudrait peut-être mieux rechercher les modalités grâce auxquelles des entreprises comme Fiat seraient susceptibles de passer des contrats de sous-traitance par delà les Alpes. Ce serait une forme de collaboration qui entraînerait nécessairement un mouvement d'intégration économique. Toutefois ceci ne peut reposer sur une simple libération des échanges. Il faudrait, pour qu'une telle complémentarité puisse voir le jour, avoir une véritable région franco-italienne au plein sens du terme.

II^{ème} Partie.

VOIES DE COMMUNICATION ET RÉGION FRONTALIÈRE

Si l'on veut définir une région frontalière franco-italienne des Alpes du Nord, il n'est certainement pas possible pour le moment de s'appuyer sur un modèle d'analyse des échanges inter-régionaux du style de celui composé par Léontief ou sur un modèle utilisant la notion de gravitation.

(7) Cfr. 18^{ème} Assemblée Plénière Annuelle de la Conférence permanente des Chambres de Commerce françaises et italiennes des régions-frontières, Nice, 26-27 septembre 1969, p. 44.

Dans l'un et l'autre cas, il apparaîtrait que le côté français (Savoie, Haute-Savoie, Isère) est dans la mouvance de Lyon appartenant à la région Rhône-Alpes et que le côté italien est dans la mouvance de Milan, faisant partie de l'ensemble de la Lombardie.

En revanche, en utilisant les notions de région homogène, région polarisée et région-plan rendues célèbres par François Perroux, il ne semble pas impossible de mettre en évidence, sinon une région déjà nettement délimitée, au moins des potentialités susceptibles de faire apparaître une véritable région-frontière. Il s'agit donc d'examiner quelles sont ces potentialités et de voir quel est le rôle qui peut être rempli par les voies de communication pour que ce qui est potentiel devienne réalité.

A – La potentialité d'une région-frontière.

« Du point de vue de l'économiste, la région est une réalité aux trois visages. Tout d'abord, la région peut se caractériser par sa plus ou moins grande uniformité: elle est plus ou moins homogène; en second lieu, la région peut s'étudier en fonction de sa plus ou moins grande intégration ou intra-dépendance: elle est plus ou moins polarisée; enfin, la région peut s'envisager du point de vue de l'objectif poursuivi par ses habitants: elle est région de programme ou région-plan » ⁽⁸⁾.

C'est de ces trois points de vue que nous voulons examiner la situation actuelle et les perspectives de la région-frontière franco-italienne.

1) LA RÉGION FRANCO-ITALIENNE: RÉGION HOMOGÈNE

Au niveau des données globales, il ne semble pas qu'en matière de population, emploi, revenus, etc., les versants français et italien des Alpes soient très différents. Ils appartiennent chacun à des blocs géographiques relativement opulents et la situation socio-économique qui en résulte ne semble pas, dans sa généralité, faire apparaître de gros décalages dans les niveaux de développement. Il faut pourtant conduire une analyse plus fine qui va nous amener à distinguer les trois grands secteurs traditionnels d'activité économiques.

a) *L'agriculture* demeure un secteur d'activité relativement important en raison de la population active qui s'y trouve employée. Du côté italien comme du côté français, au début des années 60, la population active employée dans l'agriculture était encore d'environ 20%. Mais, depuis, et des deux côtés, l'importance du secteur agricole a décru en

(8) J. BOUDEVILLE, *Les programmes économiques régionaux*, P. U. F., 1963, p. 72.

faveur des secteurs secondaires et tertiaires. Des deux côtés également, l'agriculture est pour une bonne part une agriculture de montagne qui demande des interventions spéciales dans le cadre des aides accordées par les Pouvoirs publics. De ce point de vue, l'homogénéité de la région n'est certainement pas respectée, quand on sait toutes les mesures prises en Italie en faveur de l'agriculture de montagne et le peu d'encouragements qui est encore accordé à cette dernière du côté français. Ce sont toutefois des disparités qui devraient tendre à disparaître dans le cadre de la politique agricole commune.

Du côté français, l'agriculture porte essentiellement sur les céréales (blé, maïs, orge, avoine), les fruits (pommes, poires, noix, fraises, groseilles, framboises), les légumes et légumineuses, les produits d'origine animale (viande, lait, fromage) et le bois. Du côté italien, la viticulture et l'arboriculture (pommes, poires; pêches, noisettes), ainsi que les cultures horticoles, les cultures du blé, et du maïs, et enfin l'élevage du bétail prédominent. En conséquence, il s'agit de productions agricoles plus souvent concurrentielles que complémentaires, ce qui ne va pas sans poser certains problèmes, par exemple dans le domaine des fruits qui viennent à maturation plus tôt sur le versant italien que sur le versant français. Il est arrivé que les fruits des départements français aient de la peine à s'écouler sur un marché déjà saturé par les fruits italiens.

b) Traditionnellement, sur les deux versants des Alpes, *l'industrialisation* s'est fait sur la base des ressources principalement énergétiques depuis l'apparition de l'électricité. Du côté italien, l'industrie se trouve surtout dans le Val d'Aoste et dans la Province de Turin. Les productions les plus importantes sont l'énergie électrique, les produits métallurgiques et les fibres textiles artificielles dans le Val d'Aoste; les véhicules automobiles, machines à écrire, roulements à billes, produits électro-mécaniques, appareillages mécaniques en général, caoutchouc et matières plastiques dans la province de Turin. Du côté français, on trouve l'énergie hydro-électrique, la métallurgie (aciers spéciaux, ferro-alliages, aluminium), mécanique de précision, électro-mécanique, électrochimie, papier, textiles et confection. Toutefois, dans ces activités, une mutation est en train de se faire pour pallier l'handicap d'une situation excentrique. Aujourd'hui où l'électricité se transporte sans difficultés, tout ce qui est industrie lourde a tendance à se rapprocher des ressources de matières premières, et l'on voit le secteur industriel de l'Isère, de la Savoie et de la Haute-Savoie, ainsi que celui de la vallée d'Aoste et, mais peut-être de façon moindre, celui de la région de Turin, se reconvertir dans des activités de haute technologie dont les produits légers et de grande valeur sont susceptibles d'être transportés plus facilement.

Il y a toutefois à noter une différence entre les deux versants des Alpes. Du côté italien, il est incontestable que la région de Turin, très fortement marquée par la présence de Fiat, poursuivra encore longtemps un développement industriel fondé sur des activités déjà en place. En revanche, Grenoble perd de plus en plus son industrie lourde et tend, au cours des années récentes, à voir se développer une industrie de type tertiaire fondée sur l'implantation de laboratoires de recherche industrielle. Ceci a pour effet de renforcer depuis une dizaine d'années le développement du secteur tertiaire grenoblois peut-être plus vite que dans la région italienne.

c) Pour ce qui est des *activités tertiaires*, elles trouvent leur développement normal auprès des pôles urbains qui existent dans la région. Mais il est une activité commune encore aux côtés français et italien: le tourisme. En l'absence d'un véritable arrière-pays, les concentrations urbaines tendent effectivement à développer les stations de sports d'hiver dont la place ne peut que grandir dans la civilisation de loisirs qu'on nous promet dans quelques années. C'est peut-être dans ce domaine du tourisme que l'homogénéité est encore la plus grande. Les possibilités de développement de stations tant dans l'Isère, la Savoie, et la Haute-Savoie que dans la région de Courmayeur, ne sont pas encore toutes utilisées. Il pourrait y avoir là une activité particulière à toute la région interne d'un triangle délimité par Turin-Grenoble-Genève et qui pourrait prendre une très grande importance si elle était conçue dans la cadre d'une région polarisée.

2) LA RÉGION FRANCO-ITALIENNE: RÉGION POLARISÉE

Les Alpes du Nord ne constituent certainement pas une région polarisée au sens traditionnel du terme, c'est-à-dire qu'il n'est pas possible d'y trouver un centre animé par une activité motrice polarisant et irradiant sur l'ensemble de la région. Au contraire, nous avons affaire à une région tri-polaire en ce sens que Grenoble, Turin et Genève constituent trois pôles situés aux extrémités du triangle qui ont pour fonction de mettre la région en contact avec l'extérieur et d'irradier chacun partiellement la région qui nous intéresse avec des zones d'influence susceptibles de se recouper. Il est indiscutable que nombre de villes de Haute-Savoie se trouvent en fait dans la mouvance de Genève, sinon en raison de mouvements frontaliers comme à Annemasse, du moins en fonction de l'existence de l'aéroport international de Genève-Cointrin. D'un autre côté, l'influence de Grenoble s'exerce loin dans les vallées de Savoie et de Haute-Savoie. Certes Chambéry se trouve attiré aussi bien par Lyon que par Grenoble, mais la vallée du Grésivaudan puis toute la vallée de l'Isère

jusqu'à Albertville et au-delà se trouvent rattachées à la région grenobloise. Plus au Sud, Briançon est partagé entre Grenoble et Gap; mais ne se trouve pas en dehors de l'aire d'influence de la capitale des Alpes. Il est encore moins discutable que l'influence de Turin s'exerce sur tout le val d'Aoste, même si le Piémont se trouve en fait rattaché au pôle majeur de Milan.

Dans une telle région tri-polaire, on se trouve en face d'un double problème: il s'agit d'abord de trouver les complémentarités susceptibles de s'établir entre les pôles afin d'établir une unité de l'ensemble de la région. Les études faites sur le cas de Bari-Tarente semblent prouver qu'il n'est pas impossible d'avoir une polarisation reposant sur plusieurs bases à condition que des activités complémentaires unissent chacun des pôles. Il s'agit ensuite de détecter l'activité motrice susceptible d'animer l'intérieur de la région ainsi délimitée. Certes la région va être animée d'abord par l'activité des pôles, mais il est nécessaire de ne pas délaisser toute la région centrale montagneuse et le tourisme semble bien être l'activité motrice qui domine à l'intérieur du triangle sus-mentionné en y ajoutant le Valais Suisse.

Le tourisme ne peut peut-être pas être considéré en soi comme une véritable activité motrice. Il faut qu'il puisse s'appuyer sur une infra-structure d'activités très diversifiées et dynamiques. Sans l'existence de Grenoble, Genève et Turin, il serait vain de vouloir développer le tourisme dans les Alpes. Mais, faut-il rappeler qu'au cours des 20 dernières années les Alpes françaises et italiennes ont connu un développement spectaculaire du tourisme d'hiver et d'été? Les incidences en sont très larges puisque ce mouvement a permis de renverser l'évolution démographique des vallées de haute montagne, de créer des possibilités d'emplois supplémentaires pour les habitants des hautes vallées (avec hausse de revenus et accroissement de la consommation), de provoquer des hausses spéculatives sur la valeur des terrains.

Si ce mouvement est indiscutable, il faut toutefois souligner qu'il est loin de s'être passé de façon pleinement satisfaisante. Les populations locales auraient pu bénéficier d'avantages bien supérieurs si le développement des stations de sports d'hiver s'était fait dans un cadre un peu plus rationnel et plus soucieux de développement que de spéculation. A l'ère de l'automobile, est-il vraiment indispensable de créer les stations nouvelles au pied même des pistes de ski? Ne seraient-elles pas mieux situées à proximité des anciens villages, ce qui aurait d'abord pour effet de les éloigner des coulées d'avalanches (!), et surtout de donner des possibilités d'activité complémentaires aux agriculteurs qui n'ont pas encore quitté la haute montagne. Tous ne peuvent pas être moniteurs de ski, mais tous pourraient bénéficier d'activités annexes nées du flux touristique.

Seulement, pour concevoir un aménagement qui tienne compte des réalités régionales et locales pour faire du Val d'Aoste, de l'Isère, de la Savoie et de la Haute-Savoie, ainsi que du Valais Suisse, la zone touristique centrale de l'Europe, il faudrait éviter que l'équipement hôtelier, sportif et touristique soit fait dans le plus grand désordre par des promoteurs qui ont rarement une connaissance approfondie de la région. Ceci pose le problème de savoir si la région franco-italienne des Alpes peut être une région-plan.

3) LA RÉGION FRANCO-ITALIENNE: RÉGION-PLAN

A l'heure actuelle, la partie française de la région franco-italienne envisagée est intégrée dans la région-programme Rhône-Alpes. Quant à la partie italienne, elle s'intègre également dans une programmation régionale qui la rattache à Milan, voire à Gênes. Vouloir faire une région-plan entre Genève, Grenoble, Turin ne veut en aucun cas dire que les départements concernés devront sortir du cadre dans lequel ils sont situés. L'Isère, la Savoie et la Haute-Savoie font effectivement partie intégrante de la région Rhône-Alpes. C'est une réalité économique qui ne peut être niée. Il en va de même du côté italien.

La question est de savoir s'il n'est pas possible d'envisager une région-charnière qui, sans abandonner son appartenance à des régions plus vastes, serait susceptible d'établir des liens entre deux grandes régions dont les pôles dominants sont bien évidemment Lyon et Milan. Si l'on veut éviter que la Communauté européenne soit une simple juxtaposition de régions sans inter-pénétrations, il faut prévoir la création de régions-charnières qui permettent, au moins en certains points du territoire européen, de faire apparaître une intégration économique par complémentarité d'activités et unité de centre de décision. Ainsi conçue la région franco-italienne des Alpes du Nord a une dimension suffisante, est suffisamment homogène et suffisamment polarisée pour constituer une région-programme particulière. Encore faudrait-il que puisse apparaître un pouvoir régional.

La création d'un pouvoir régional ne peut s'envisager en dehors du problème général de la décentralisation. D'une part, il paraît de plus en plus difficile de laisser à l'initiative des gouvernements nationaux (Paris et Rome) le soin de donner une véritable unité administrative à une région frontalière périphérique.

Les administrations centrales sont trop éloignées pour connaître toutes les potentialités d'une telle région. D'autre part, il serait absurde de vouloir créer un véritable pouvoir autonome régional dans la mesure où une région de la dimension de celle envisagée ne peut en aucun cas former une entité à part et autonome.

Dans ces conditions, on doit se demander s'il serait possible de mettre en œuvre des « programmes-gigognes » s'emboîtant les uns dans les autres. Il est normal que le pouvoir central opère les choix qui concernent le développement réciproque des différentes régions du territoire. Mais il ne devrait pas être impossible que ces choix se limitent à une enveloppe globale dont l'utilisation serait de la compétence de pouvoirs régionaux. Il s'agit en quelque sorte d'établir une décentralisation qui s'intègre dans un plan d'ensemble national cohérent tout en permettant de mieux utiliser les possibilités locales. C'est certainement le problème que rencontrent aujourd'hui tous les pays à quelque système économique qu'ils appartiennent. C'est aussi un problème qu'il devient urgent d'envisager dans le cadre communautaire européen.

Ainsi la région-plan complète la région homogène et polarisée. Elle suppose néanmoins le développement des voies de communication.

B – Le rôle des voies de communication.

Pour qu'une véritable région franco-italienne des Alpes du Nord puisse se constituer, il faut incontestablement développer un réseau de communications qui n'existe pas pleinement à l'heure actuelle. Certes Genève, Grenoble et Turin sont des pôles assez correctement reliés avec l'extérieur, que ce soit par air, rail ou route. En revanche ce sont les communications entre ces trois pôles, ainsi que la pénétration interne de la région envisagée qui laisse à désirer.

1) COMMUNICATIONS ENTRE LES PÔLES

Il est difficile, au moins pour le moment et dans un avenir immédiat, d'envisager le développement de communications aériennes entre Genève, Grenoble et Turin. Les distances sont trop courtes pour qu'il soit intéressant d'utiliser l'aviation, surtout entre des pôles qui, en raison du relief, ont parfois leur aéroport relativement éloigné du centre urbain.

Il semble difficile aussi de développer beaucoup plus les moyens de communications ferroviaires. Certes les infrastructures existantes peuvent, peut-être, être améliorées et donner lieu à un trafic accru. L'importance du tunnel du Fréjus ne doit pas être sous-estimée à cet égard. Mais, compte tenu des efforts déjà faits, il ne semble pas possible d'attendre de nouvelles améliorations importantes.

Restent alors les communications routières qui soulèvent de nombreuses difficultés. L'axe Turin-Genève existe déjà grâce au percement du tunnel du Mont-Blanc. Il est toutefois très regrettable que les usagers du tunnel puissent du côté italien arriver en autoroute en remontant

tout le Val d'Aoste, mais se retrouvent sur un réseau routier étroit et difficile dès qu'ils sont du côté français. Rejoindre au plus vite Annemasse et Genève est leur principal souci, faute de voies de communication rapides permettant de desservir la Savoie et l'Isère. Contentons nous de dire ici que la percée du tunnel de Mont-Blanc ne paraît pas avoir été accompagnée de l'effort de construction d'autoroutes appelées par un tel ouvrages d'art. A l'heure actuelle, l'axe Genève-Grenoble souffre encore de liaisons routières difficiles. Il semble bien qu'il soit question de voies express desservant Genève, Annecy, Aix-les-Bains, Chambéry, Grenoble. Mais il est difficile de se faire préciser les dates possibles de réalisation. Quant à l'axe, Grenoble-Turin, la voie la plus directe passe sûrement par les cols du Lautaret et du Montgenèvre. Il s'agit toutefois d'un itinéraire difficile qui pourrait être avantageusement remplacé en suivant les vallées de l'Isère et de l'Arc si le percement d'un tunnel routier venait doubler le tunnel ferroviaire du Fréjus. Là aussi les projets sont en cours mais ne semblent pas avancer avec la rapidité souhaitable.

Il y a au moins un domaine dans lequel l'amélioration des voies de communication pourrait se faire à moindres frais et dans des délais raisonnables: il s'agit des télécommunications. Serait-il vraiment très difficile de faire passer un câble co-axial à grande capacité dans le tunnel du Mont-Blanc ou celui du Fréjus afin d'éviter les nombreuses heures d'attente encore nécessaires pour téléphoner de Grenoble à Turin en ayant une communication inaudible?

Dans tous ces domaines, il semble que les plus grosses difficultés tiennent à une programmation qui est encore faite strictement dans le cadre national.

Or, les administrations nationales raisonnent bien Nord-Sud, rarement Est-Ouest. Et, en ce qui concerne la région qui nous intéresse, on voit mal comment une coopération et une coordination en matière de communications pourra s'établir tant que la programmation ne sera pas faite à un niveau européen.

2) LA PÉNÉTRATION INTERNE DE LA RÉGION

La pénétration interne de la région est peut-être moins en retard que les liaisons rapides entre les pôles. Du point de vue ferroviaire, nous avons déjà des chemins de fer qui vont jusqu'à St.-Gervais, Bourg St.-Maurice et Modane, desservant ainsi les trois grandes vallées alpestres; et l'on sait par ailleurs qu'il existe des trains «européens», notamment en provenance de Belgique qui viennent directement au cœur des Alpes. Du point de vue routier, à partir de Grenoble, les efforts faits à l'occasion des Jeux Olympiques permettent d'atteindre sans difficultés toutes les

stations de sports d'hiver de l'Isère. Du côté italien, les moyens de communication ferroviaires ou routiers paraissent encore plus développés.

Dans cette situation, le plus gros problème sera peut-être de maintenir des chances égales entre les différents centres touristique de notre région. Il y a les stations existantes, il y a les nouvelles stations à créer. La compétition entre elles deviendra certainement de plus en plus vive, et il ne faudrait pas que des obstacles matériels (difficultés de circulation) favorisent les unes et pénalisent les autres.

Dès 1963, Félix Rosenfeld écrivait: « Il importe que les Alpes de demain, lieu d'activités de haute qualification et terre d'élection pour le repos et la détente, soient dotées des meilleurs moyens de communication » ⁽⁹⁾.

A l'occasion du Centenaire du Fréjus, nous avons voulu faire ressortir combien effectivement les voies de communication avaient une importance décisive mais combien aussi elles ne pourraient remplir leur véritable rôle qu'à la condition de coordonner les plans et les projets afin d'aboutir à un réseau de relations intra-régionales et inter-régionales cohérent et homogène.

Cette coordination ne pourra s'obtenir qu'à la condition d'avoir une certaine unité des pouvoirs de décision. Certes, depuis plusieurs années, il existe une Assemblée permanente des Chambres de Commerce françaises et italiennes qui a déjà pu étudier en commun de nombreux problèmes et entreprendre des démarches auprès des administrations centrales. Toutefois, au moment où l'on parle plus que jamais de décentralisation, on doit se demander s'il ne faudrait pas un organisme capable de prendre des décisions au niveau régional, décisions intéressant les versants français et italien des Alpes du Nord. Et pourquoi pas aussi le Valais Suisse?

Est-ce un projet utopique? Il ne semble pas si l'on veut bien considérer que l'on se trouve à l'heure de la dévalorisation des frontières et de la coopération internationale. Pour dépasser les anciens cadres nationaux, non seulement sur un plan commercial, mais au niveau d'une véritable intégration économique, il est grand temps de se poser la question des régions économiques frontalières intégrées et conçues dans le cadre de programmes de développement. La région franco-italienne des Alpes du Nord, parce qu'elle présente déjà de nombreuses caractéristiques qui rendent son intégration peut-être plus facile que celle d'autres régions-frontières, mérite à notre avis de retenir sérieusement l'attention. Elle pourrait en quelque sorte constituer un test de la volonté véritable de construire l'Europe. Il n'est pas trop tôt pour envisager de le faire.

(9) F. ROSENFELD, *L'économie alpine dans le cadre des plans français de développement*, extrait de « Cronache Economiche », mensile della C.C.I.A. di Torino, fascicule 250, octobre 1963.

ANNEXE I

Echanges intra-C.E.E. en millions de dollars de 1958 à 1967.

Années	Importation		Exportations	
	France	Italie	France	Italie
1958	1 227	687	1 136	608
1959	1 362	889	1 524	793
1960	1 848	1 309	2 042	1 078
1961	2 102	1 540	2 420	1 308
1962	2 523	1 891	2 712	1 624
1963	3 126	2 503	3 902	1 793
1964	3 762	2 369	3 487	2 254
1965	4 015	2 306	4 115	2 893
1966	4 853	2 790	4 608	3 264
1967	5 374	3 390	4 702	3 373
Taux d'accroissement				
global	338,0	393,4	313,9	454,8
moyen	17,8	19,4	17,1	21,0

Source: C.E.E.: *Dix ans de Communauté.*

ANNEXE 2

Importations et exportations de la France vers l'Italie.

Années	Importations		Exportations	
	Quantités (tonnes)	Valeur (milliers de F.)	Quantités (tonnes)	Valeur (milliers de F.)
1950	260 822	380 710	1 956 308	281 243
1951	326 657	495 714	1 736 322	353 501
1958	523 381	558 378	1 834 442	730 063
1959	967 880	889 413	2 650 281	1 322 364
1960	1 077 755	1 247 098	3 296 599	1 979 290
1961	863 454	1 509 121	4 215 479	2 411 740
1962	1 128 585	2 045 997	3 820 818	2 733 814
1963	1 129 564	2 552 294	4 275 272	3 690 351
1965	2 323 852	3 584 952	4 778 112	3 618 877
1967	3 876 343	5 304 393	5 651 124	5 177 779
1968	4 024 310	6 556 453	5 997 261	5 773 254
1969	4 891 325	9 020 905	8 441 849	8 063 096

Source: Douanes de Chambéry.

ANNEXE 3

*Commerce extérieur de l'Isère, la Savoie, la Haute-Savoie par rapport à la C.E.E.
(en % de valeur).*

	Italie	Allemagne	Bel. Lux.	Parys Bas	Suisse	Total
ISERE						
<i>Importations</i>						
1966	46,72%	10,66%	8,29%	2,31%		68,00%
1967	46,21%	11,27%	7,26%	2,94%		67,7%
1968	26,57%	17,33%	10,07%	4,60%		58,59%
<i>Exportations</i>						
1966	15,20%	17,51%	10,91%	1,57%		45,20%
1967	14,17%	16,14%	9,80%	2,41%		42,54%
1968	13,59%	19,92%	8,87%	1,58%		43,97%
SAVOIE						
<i>Importations</i>						
1966	42,41%	15,08%	7,19%	4,91%		69,60%
1967	43,93%	16,67%	5,81%	4,51%		70,93%
1968	45,28%	15,63%	5,33%	2,90%		69,17%
<i>Exportations</i>						
1966	20,74%	13,51%	19,69%	2,08%		53,03%
1967	25,43%	14,18%	10,29%	2,03%		51,94%
1968	25,26%	22,32%	10,26%	1,78%		59,63%
HAUTE-SAVOIE						
<i>Importations</i>						
1966	13,57%	19,53%	3,65%	4,79%	25,93%	41,56%
1967	17,43%	18,10%	5,51%	3,31%	28,87%	44,37%
1968	22,12%	19,55%	5,55%	2,90%	24,38%	49,13%
<i>Exportations</i>						
1966	13,56%	9,71%	7,50%	2,10%	22,36%	32,90%
1967	14,38%	9,34%	8,38%	1,56%	22,04%	33,67%
1968	13,18%	11,63%	9,22%	1,50%	21,38%	35,54%

Source: Douanes de Chambéry.

ANNEXE 4

*Immigration italienne (hommes, femmes, enfants)
dans les départements de la Savoie, de la Haute-Savoie et de l'Isère.*

Annés	Savoie	Haute-Savoie	Isère
1960	—	—	37 622
1961	—	—	37 277
1962	—	—	40 690
1963	—	—	41 914
1964	—	—	42 016
1965	16 371	15 553	44 795
1966	16 440	15 420	44 471
1967	18 303	15 193	43 035
1968	15 676	15 176	39 410 ⁽¹⁾
1969	15 363	13 997	39 256 ⁽¹⁾

Sources: Préfectures de la Savoie, de la Haute-Savoie et de l'Isère.

Ventilation en 1969.

	Isère	Savoie	Haute-Savoie
Hommes	16 031	7 075	6 802
Femmes	11 441	3 883	4 385
Enfants	11 784	4 385	3 069

⁽¹⁾ La diminution du mouvement migratoire à partir de 1968 s'explique pour partie par le rattachement de 23 communes de l'Isère au département du Rhône.

I trafori alpini ed i rapporti fra Piemonte e Svizzera.

I. — In via preliminare.

Vi sono nella vita delle circostanze nelle quali s'impara, a proprie spese, che il mantenersi fedeli ad un impegno costa. La cortesia della Vostra Presidenza, mi ha proprio fornito un'altra occasione di esperienza al riguardo, affidandomi un tema per rimanere attinente al quale ho incontrato non poche e serie difficoltà, senza per altro giungere, è bene dirlo subito, a soddisfacenti risultati. E vi prego di credere che non indulgo qui all'artificio retorico di prospettare manchevolezze o di avanzare scuse « ad captandam benevolentiam ». Le difficoltà cui ho accennato sono insite nella formulazione stessa dell'argomento di indagine, che rientra nel più ampio quadro di una ricerca volta a conoscere quali influenze abbiano avuto i valichi alpini sullo sviluppo delle relazioni economiche, sociale e culturali fra Piemonte e Stati limitrofi.

In realtà, posto che fosse agevole (mentre, come vedremo, è praticamente impossibile) conoscere con esattezza quanto di persone e di beni si sono scambiati e si scambiano il Piemonte e la Svizzera, rimarrebbe, e rimane, il problema di sapere se, e fino a che punto, le modificazioni riscontrate nel movimento ora accennato siano da attribuirsi all'apertura dei trafori alpini. In termini più grossolani, ci si potrebbe chiedere come le cose sarebbero andate, se tali trafori non si fossero fatti. E pazienza se la loro realizzazione non si fosse accompagnata ad altre possibili cause di variazioni nel traffico, sì da permettere di isolarne, con sufficiente approssimazione quantitativa, gli effetti. Ma basta pensare alla relazioni commerciali fra i sei paesi della C.E.E. — il cui più cospicuo aumento è avvenuto proprio negli anni di primo esercizio dei trafori del Gran San Bernardo e del Monte Bianco — per ritenere probabili delle sue ripercussioni sull'intercambio Piemonte-Svizzera attraverso quei trafori.

D'altra parte, il rilevamento statistico di dati relativi alla destinazione, alla provenienza ed ai passaggi delle persone e delle merci in tran-

sito lungo i trafori alpini si effettua tra paese e paese, nella fattispecie fra Italia e Svizzera, non tra Piemonte e Svizzera. S'aggiunga che, avvenuto il passaggio dei veicoli, non si ci propone più di conoscere il loro ulteriore percorso, le tappe intermedie e la definitiva, e si vedrà, salvo casi sporadici, come sia difficile accertare quanti e quali passeggeri e prodotti svizzeri si arrestino, sia pure temporaneamente, in Piemonte, e, per converso, quanti e quali passeggeri e prodotti piemontesi facciano capo a località della Svizzera.

Per rispondere, comunque, ad un compito che imponeva di essere assolto, e alla curiosità che frattanto in me stesso s'era destata, sono stato costretto ad abbandonare la speranza di potermi fondare su una documentazione, soprattutto statistica, ampia e dettagliata, per ripiegare sull'utilizzazione di notizie spicciole e di impressioni raccolte nel corso di conversazioni con persone di ambienti interessati, per qualche aspetto, sia pure indirettamente, alle relazioni fra Piemonte e Svizzera. Senza la cortesia dei miei pazienti collocutori non avrei potuto mettere insieme neppure quel poco che qui conto di esporre. Spero che l'aver considerato col Piemonte anche la Valle d'Aosta non mi venga imputato a scarso rispetto per la sua individualità giuridica ed amministrativa.

2. — I contatti geografici e storici.

Sebbene frutto di ardite innovazioni tecniche, coinvolgenti anche i mezzi di circolazione che se ne servono, i trafori alpini corrispondono, quasi sempre, ad antiche vie di comunicazione per valico, e quindi la loro ubicazione, il loro tracciato e naturalmente la loro apertura, lungi dall'essere frutto di bisogni dell'ultima ora, di libere scelte, di improvvise decisioni rappresentano il moderno perfezionamento di legami già da tempo intrecciati fra opposti versanti, in armonia, tanto con determinate condizioni topografiche e geografiche, quanto col succedersi delle vicende storiche.

Dal punto di vista topografico il confine del Piemonte con la Svizzera (che s'identifica con la frontiera statale) corre per 259 km. dal punto tri-confinale del M. Dolent, nel gruppo del Bianco, allo sbocco del torrente Mara nel Lago Maggiore. Questa linea di confine è ancora quella dell'antico Regno di Sardegna con la Svizzera. E se vogliamo risalire un po' più addietro, la linea di confine nel tratto dal Monte Bianco al Monte Rosa corrisponde al confine dell'antico Ducato d'Aosta col Vallese. Dal Monte Rosa al Lago Maggiore, invece, costituiva — prima del 1743, anno in cui avvenne l'annessione dell'Ossola al Piemonte — il confine dello Stato di Milano con la Svizzera.

In termini geografici le regioni piemontesi adiacenti alla Svizzera sono la Valle d'Aosta nel suo versante appartenente alle Alpi Pennine, la Val Sesia e la Val d'Ossola. Dall'altra parte una sola grande unità orografica, la valle del Rodano o Vallese, cui è parallela la Valle d'Aosta a monte di Châtillon. La Val d'Ossola s'incunea a settentrione tra Vallese e Canton Ticino, quasi a controbilanciare la penetrazione verso mezzogiorno dello stesso Canton Ticino.

Superfluo ricordare qui come i tre grandi corridoi vallivi ora ricordati abbiano, sin dall'antichità, costituito delle grandi vie di comunicazione fra l'Italia, cuore dell'Europa mediterranea, e le regioni centro-occidentali del continente, solcate dal Rodano e dal Reno. Le strade che adducono a quelle valli e ai relativi passi attraversano il Piemonte trasparente, e questo spiega l'importanza che hanno sempre avuto nell'economia e nella storia del Piemonte stesso gli eventi relativi al dominio della Valle d'Aosta e dell'Ossola.

E tuttavia non bisogna dimenticare le maggiori proporzioni fisiche ed antropiche dei contatti geografici fra Piemonte e Francia, prendendo per esempio a indice di tali proporzioni i 512 km. di creste alpine che ne rappresentano il confine e che abbassandosi nei valichi del Piccolo San Bernardo, del Moncenisio, del Monginevro, della Maddalena, hanno assegnato al Piemonte e specialmente alla valle di Susa la funzione di transito fra l'Italia e i centri maggiori delle Gallie e delle Fiandre. La vitale importanza per lo stato sabaudo delle relazioni con i Delfini di Grenoble, con i Borgognoni e poi con i re di Francia dà ragione della preminenza presto assunta nei destini del Piemonte dai passaggi verso la Francia stessa.

Ma nel corso della prima espansione sabauda d'oltremonti, questa si appunta anche su territori che faranno parte della Confederazione svizzera e di cui i successori di Umberto Biancamano riescono ad accaparrarsi il possesso: sono il Bugey, nel Giura, il Vaud, il Vallese, il Genevese e specialmente Ginevra. Le avversità di fronte alle quali piega il debole Carlo II costano ai Savoia la perdita di tutte queste terre, mentre Ginevra sta diventando un pericoloso focolaio di infezione ereticale.

Come è noto Emanuele Filiberto tenterà di riprendere almeno Ginevra, ma senza successo. Egli non era spinto all'impresa soltanto da ragioni politiche, militari e religiose, ma anche e soprattutto economiche, attesa l'intensità del traffico passante per Ginevra, e la rinomanza delle sue fiere. È interessante osservare che fra il 1480 e il 1540 su 72 italiani mercanti e finanziari diventati cittadini di Ginevra, 58 erano Piemontesi. Essi però occupavano, generalmente, una posizione più modesta di quella dei peninsulari. Al contrario, i non pochi ginevrini che venivano a stabilirsi in Piemonte, specie a Torino, avevano saputo raggiungere delle posizioni di prim'ordine, particolarmente nel campo della manifattura e della

esportazione delle sete. Verso la metà del secolo XVIII frequenti erano le lagnanze degli ambienti economici torinesi contro il predominio dei banchieri e fabbricanti ginevrini, monopolizzanti da Torino l'esportazione dei prodotti greggi e lavorati.

La presenza di Ginevra ha contato largamente ancora nel recente passato del Piemonte, sempre nel campo delle relazioni industriali e finanziarie. Di origine ginevrina, o comunque svizzera, sono i nomi ben noti di Caffarel, De Dorter, Abegg, Gütermann, Leumann, Remmert. E non occorre poi rammentare quanta parte della formazione di Cavour agli affari sia da attribuirsi alla nascita ginevrina della madre e alle continue relazioni del conte con la parentela e con gli ambienti finanziari di quella città.

In un tema di relazioni culturali, richiamo d'obbligo è quello alla dimora di J. J. Rousseau in Torino, con l'appendice dell'escursione nella nostra collina e della panoramica descrizione che il grand'uomo bellamente ne ha dato. L'adesione dei Valdesi alla Riforma ha condotto i loro « barbetti » a stringere rapporti con Ginevra, tanto da meritare l'appellativo di Ginevra italiana a Torre Pellice, donde, nel secolo scorso, giovani studenti partivano per completare i loro studi presso l'Università di Ginevra. Sempre nel campo culturale un ravvivarsi di relazioni si è avuto durante l'ultima fase della guerra, con l'ospitalità data da istituti universitari svizzeri a studiosi piemontesi, colà profughi politici. E vogliamo infine ricordare l'esistenza in Torino di una associazione Piemonte-Svizzera cui stanno particolarmente a cuore i problemi delle comunicazioni e degli scambi culturali fra i due paesi.

3 - I trafori fra Piemonte e Svizzera.

a) *Il Sempione*. - L'apertura del traforo del Fréjus rappresentò indubbiamente un fattore di primaria importanza nello sviluppo industriale e commerciale di Torino e del Piemonte a partire dagli ultimi decenni del secolo scorso. Esso interessava però le correnti commerciali in direzione est-ovest, mentre quelle moventisi in direzione sud-nord continuavano a non trovare nel muraglione alpino una breccia ferroviariamente attrezzata. Per lungo tempo negli ambienti torinesi, pur senza negare la più ampia sfera d'influenza del Sempione, si vide di miglior occhio la possibilità indicata già dal De Saussure di un traforo sotto il Monte Bianco. Si temeva quello che di fatto avvenne e cioè da una parte un traffico merci ferroviario inferiore a quanto ci si riprometteva, e dell'altra il quasi totale asservimento delle comunicazioni via Sempione alla Lombardia e segnatamente a Milano.

Già i nostri padri, discutendone in Consiglio Comunale, chiamavano « tangenziale » e lombarda la linea del Sempione. E in un recentissimo lavoro pubblicato a Milano si legge che la « galleria del Sempione » è di estrema importanza per la nostra regione (e cioè la Lombardia) tanto che possiamo considerarla in senso lato lombarda, anche perché la linea ferroviaria principale di accesso, ossia la Milano-Arona-Domodossola rientra nella competenza del Compartimento F. S. di Milano. E mentre da Milano Domodossola è raggiungibile in meno di due ore, per treno s'intende, da Torino vi s'arriva in cinque ore per la Santhià-Arona e in tre per la Novara-Borgomanero-Domodossola, dovendo poi i viaggiatori assoggettarsi, nel primo percorso, a due trasbordi, a uno nel secondo. Quanto alle comunicazioni stradali per il Sempione la ora citata pubblicazione lombarda, dopo aver ricordato che i collegamenti del valico con Milano sono costituiti dall'« Autostrada dei Laghi » sino a Sesto Calende e dalla statale n. 33 da Sesto Calende al valico, afferma che « alquanto difficili sono quelli per Torino ». Deficienza in tanto più sensibile in quanto, come è noto, funziona attraverso il traforo il trasporto di autoveicoli mediante treni navetta.

Nei confronti dell'intera Italia il Sempione continua a mantenere una notevole importanza, se si pensa che per esso passa il 12% del traffico alpino totale, mentre al S. Gottardo spetta il 40% e al Fréjus il 19%. Dal 1955 ad oggi si è avuto un considerevole aumento nello scambio delle merci, sempre rivelandosi l'ammontare delle merci in uscita, superiore a quello in entrata, mentre avviene il contrario per il transito ferroviario di Ventimiglia e per il traforo del Fréjus.

Quanto alle persone, rispetto agli stranieri che utilizzano il traforo in vagone ferroviario, quelli che s'avvalgono dei treni navetta per continuare il viaggio in auto sono in continuo aumento. E si comprende, data la possibilità del passaggio anche nei mesi — di solito da novembre a maggio — in cui il traffico automobilistico attraverso il valico è impedito dalle condizioni atmosferiche. Tuttavia il valico stradale continua a contare un più che discreto numero di transiti. Di qui i diversi progetti per una galleria stradale sotto il Sempione non diversamente da quanto ci si propone di fare al Fréjus.

Dai pochi dati disponibili sembra doversi inferire come cosa certa che l'aumento di recente verificatosi nel movimento delle merci (da 800.000 t. nel 1950-51 a 1.800.000 del 1965) e dei passeggeri, sia parzialmente dovuto alle maggiori comodità delle comunicazioni attraverso il Sempione, ma la proporzione ad esse spettabili nell'aumento è quantità molto difficile a discriminarsi, come appare problematico ogni elemento relativo alla quota di merci e di persone che nell'interscambio fra Piemonte e Svizzera si servono del Sempione. Che, fra l'altro esso abbia

decisamente influito sulla « svizzerizzazione » (mi si passi il termine) turistico-alberghiera della sponda piemontese del Lago Maggiore è cosa pacifica, ma dalle statistiche recenti non si vede che su di essa il numero e le presenze di clienti svizzeri abbiano fatto particolari progressi.

Piuttosto, sempre nei confronti Piemonte-Svizzera, è da attendersi una diminuzione nell'importanza delle comunicazioni attraverso il Sempione. Questo valico ha finora costituito il passaggio obbligato per tutte le correnti commerciali affluenti dall'ovest e dal nord, sulle rive del Lemàno e alla valle del Rodano. Ora è evidente che tali correnti troveranno — come già trovano — più conveniente servirsi del traforo del Gran S. Bernardo, non solo, ma anche di quello del Monte Bianco. A questa diversione del traffico contribuirà la rete di autostrade che lentamente, ma regolarmente la Svizzera sta costruendo. Di fatto, la grande via europea nord-sud, che porta da Amburgo a Basilea per la valle del Reno, sarà, nei prossimi anni, prolungata fino a Berna ed a Losanna. A partire dalla capitale del Vaud, l'automobilista avrà la scelta di due itinerari della stessa lunghezza, per andare in Italia: all'est, quello di Vevey-Montreux-Martigny, traforo del Gran S. Bernardo-Aosta; all'ovest, quello di Ginevra-Chamonix-traforo del Monte Bianco-Aosta. Di fronte a questa limitazione di retroterra il Sempione potrà trovare un certo compenso nell'intensificazione delle relazioni fra gli abitanti dell'alta valle del Rodano e della Val d'Ossola ed essere scelto da coloro che pur provenendo da oltre Martigny annetteranno importanza turistica al percorso oppure avranno interesse a fermarsi nelle zone dell'Ossola e del Verbano.

b) *Il Gran San Bernardo.* — Non meno vecchio del proposito di attraversare con una galleria il Monte Bianco è il disegno di sottopassare nello stesso modo l'antico valico del Gran San Bernardo. Risolto con la preferenza data al Sempione l'annoso dibattito in cui, da parte piemontese, gli si opponeva il Monte Bianco, non era tuttavia soddisfatta la necessità di porre Torino su una arteria di grande traffico internazionale lungo l'asse nord-sud. Ecco allora affacciarsi e susseguirsi i progetti diretti a raggiungere da Torino, Martigny, ora direttamente con traforo sotto il valico, ora passando per la val Ferret. Col passar del tempo, di fronte al crescente volume degli scambi internazionali, il volume di scambi assorbito dal valico appariva sempre più modesto. Pesava soprattutto sul sempre maggiore incremento dell'automobilismo l'impossibilità del transito delle macchine da metà maggio a metà ottobre. Ma nello stesso tempo lo sviluppo dell'autostrada Torino-Milano determinava in qualche ambiente torinese il timore che essa diventasse un buon strumento in mano a Milano per deviare su di essa gran parte del traffico del Gran S. Ber-

nardo. Sono noti, come successivi sviluppi della situazione, la creazione della bella autostrada Torino-Aosta (ormai terminata) e, come contropartita la costruzione della congiungente Ivrea-Santhià per l'autostrada Torino-Milano, sì da formare l'ormai celebre « bretella ».

Sta di fatto che, concordato ed approvato da ambe le parti — plaudenti, com'è naturale i suoi promotori valdostani — un progetto, veramente ardito e completo di traforo autostradale sotto il Gran S. Bernardo, il progetto stesso venne messo in attuazione e il traforo aperto al traffico il 19 marzo 1964. Non è necessario qui riferirsi a dati tecnici. Merita piuttosto accennare all'importanza che esso (come il valico, ovviamente) derivano dalla posizione geografica. Collegando Aosta a Martigny (separate da 40 km. in linea d'aria e da 70 per il traforo del Gran S. Bernardo) esso mette in comunicazione i due grandi corridoi vallivi della Dora Baltea e del Rodano, ma porta a gravitare il suo traffico, a differenza del Sempione, verso la Svizzera francese, in particolare su Losanna e Ginevra, donde si dipartono le principali strade dirette a tutta l'Europa nord-occidentale e segnatamente a Parigi.

È superfluo far notare come questa posizione metta il S. Bernardo in condizione di venire incontro alle rispettive esigenze di interscambio del Piemonte e della Svizzera molto meglio di quanto non lo consenta il Sempione. E se, come si è già detto poco fa, già si nota il dirottamento di parte del traffico dal Sempione al Gran S. Bernardo, vi sono molte probabilità che questa deviazione sia alimentata specialmente da merci e persone svizzere dirette in Piemonte e viceversa.

Va, comunque, segnalato il fatto che a differenza di quanto è avvenuto per il Monte Bianco, il movimento commerciale e turistico di autoveicoli generato dal traforo del S. Bernardo ha subito raggiunto un volume considerevole, con 370.173 passaggi nel 1964 per diminuire negli anni successivi, riportandosi a 384.284 passaggi nel 1969. Colpisce del pari la modesta proporzione in cui compaiono i passaggi di autoveicoli commerciali, tuttavia in lieve aumento. Si tratta sempre di una percentuale inferiore al 7%. La partecipazione dei vari paesi al traffico vede nettamente in testa la Svizzera e l'Italia. La Svizzera è passata dal 30,40% del 1967, al 33,49% del 1968 al 37,66% del 1969. L'aliquota dell'Italia che era del 29,36% nel 1967, è scesa al 26,60% nel 1968 per risalire al 28,77% nel 1969. In diminuzione la parte spettante ai paesi che immediatamente seguono, e cioè la Germania e la Francia che si è aggirata nel 1969 intorno al 10% per ambedue gli Stati.

In realtà non tutte le possibilità aperte dal traforo risultano sfruttate. Per quanto concerne il trasporto delle merci sono note le restrizioni di carico imposte dalle autorità svizzere, anche in relazione, sembra, al non buono stato delle strade. Ma i maligni sussurrano che le restrizioni ora

accennate (15 t. di carico massimo contro i 20-25 dei mezzi pesanti italiani viaggianti in regime TIR) sono state volute e mantenute dalle ferrovie federali per limitare la concorrenza degli automezzi. In realtà tanto la strada federale n. 114 quanto le sue diramazioni sono lungi dal costituire ampie e comode vie d'accesso. Ma grandi lavori sono in corso, che varranno certamente ad incrementare ancora l'uso del traforo. Da parte italiana si fa per altro osservare che a tale più diffusa utilizzazione è un ostacolo di un certo peso, l'elevato importo del pedaggio, massime per le macchine di grande cilindrata.

c) *Il Monte Bianco*. — Come s'è già detto e ripetuto il colossale baluardo rappresentato dal Monte Bianco non è stato di freno alla fantasia ed all'ardire degli uomini che già col De Saussure immaginavano venturo il giorno in cui un traforo avrebbe trapassato, nelle sue viscere, il gigante. Di tempo in tempo e più specialmente nei periodi di bonaccia politica ed economica con la sorella latina (come nel corso della prima guerra mondiale) progetti e discussioni per una galleria sotto il Monte Bianco occupavano pagine e pagine nei giornali finanziari e nelle riviste turistiche della capitale sabauda. Sempre alla ricerca di più agevoli comunicazioni con l'Europa nord-occidentale, Torino non vedeva nella galleria del Monte Bianco una temibile concorrente della linea e del traforo del Fréjus decisamente orientata verso il cuore della Francia. D'altra parte era interesse dei francesi che le loro comunicazioni con Torino e con il Piemonte non passassero per la Svizzera, anche quando della nuova via transalpina ci si potesse servire proprio per andare in Svizzera. Trattandosi in Consiglio Comunale nel 1917 di più efficienti relazioni con Ginevra, la maggioranza si mostrava orientata verso la galleria del Monte Bianco come l'itinerario più rapido e più breve fra le due città, a differenza del passaggio per Martigny. Traforo dunque franco-piemontese quello del Monte Bianco, ma puntato anche in direzione di un grande centro stradale svizzero.

Da Courmayeur, e più precisamente dalla testata del grande solco vallivo della Dora Baltea, la galleria del Bianco mette a Chamonix, nella valle dell'Arve, la cui arteria stradale principale si divide presso le Fayet nelle due direzioni maestre rappresentate dalla R.N. n. 202 che va verso Ginevra e di qui a Parigi: e dalla R.N. n. 509 (a sua volta congiungentesi con la R.N. n. 212) che conduce a Chambéry e a Lione. Come, e forse più del vicino Gran San Bernardo, il Monte Bianco costituisce un vero « carrefour » nelle comunicazioni europee, per la sua funzione di nodo all'incrocio delle grandi vie nord-sud ed est-ovest.

Allargando ancora gli orizzonti, sulle tracce del Parker, vediamo il traforo del Monte Bianco potenziato tanto dalla sua apertura verso i grandi bacini industriali della Francia, quanto verso l'importantissimo

distretto, pure industriale del medio Reno, da Francoforte alla frontiera svizzera. La sua posizione centralissima è di cospicuo vantaggio per una industria di «rassemblage» ed avente un vastissimo mercato. Ma ne fa anche la regione industriale nord-europea più prossima all'Italia, alla quale i trafori del Gran San Bernardo e specialmente del Monte Bianco, sono intervenuti ad avvicinarla anche di più.

Ma torniamo ai rapporti con la Svizzera, non trascurando tuttavia l'imponente aumento complessivo di passaggi per la galleria del Monte Bianco. I passaggi degli autoveicoli, che erano 345.071 nel 1965 sono passati a 592.450 nel 1966, a 618.719 nel 1967, a 616.702 nel 1968, a 682.833 nel 1969. In quest'ultimo anno gli autoveicoli commerciali hanno rappresentato il 16,5% del totale autoveicoli. Del traffico nel 1966 il 51,76% è spettato alla Francia, il 28,47% all'Italia, il 9,07% alla Svizzera. Nel 1968 i rapporti rispettivi furono del 48,40%, del 29,65%, e dell'11,20%; nel 1969, del 43,44%, del 33,28% dell'11,21%, dove alla diminuzione della partecipazione francese fa riscontro l'aumento di quella italiana, e pure un aumento, ma più lieve, di quella svizzera. Scarsa appare la differenza numerica tra veicoli in entrata e veicoli in uscita.

Qui, in assenza di un valico precedente, può veramente parlarsi (ad eccezione della porzione di traffico deviata) di movimento generato ex-novo, e non può certo negarsi che tale movimento abbia assunto dimensioni veramente inaspettate. Innegabilmente, il traforo del Monte Bianco appare dotato di grande capacità attrattiva, non soltanto per i passaggi giustificati dalla curiosità che s'accompagna alla eccezionalità e all'imponenza dell'opera, ma anche per le maggiori agevolezze ed economie che offre. Le statistiche dei posti di frontiera per il 1967 hanno messo in evidenza che in quell'anno il 34,6% del traffico previsto per il Gran San Bernardo e l'11,7% di quello atteso per il Sempione sono stati attirati dal traforo del Monte Bianco.

4. - Tocchi conclusivi.

E veniamo finalmente a qualche dato che permetta almeno di intravedere se e in quale settore la presenza dei trafori alpini abbia intensificato le relazioni tra Piemonte e Svizzera. Che tale intensificazione abbia avuto luogo appare innegabile, ma ciò, solo in linea molto generale, e, pure in linea generale, non quanto potrebbe supporre. Sulla base di dati del 1969 il Piemonte ha importato dalla Svizzera merci per 82 miliardi di lire e vi ha esportato per poco più di 78 miliardi di lire, ponendosi al secondo posto, dopo la Lombardia, per quel che concerne il commercio con la repubblica elvetica.

È curioso a questo riguardo osservare come sotto questo aspetto vi siano delle differenze notevolissime tra le varie province del Piemonte. Esportano più di quanto non importino dalla Svizzera le province di Torino, Asti, Alessandria. Importano più di quanto non esportino le province di Cuneo, Vercelli, Novara e la regione autonoma della Valle d'Aosta. Le province, diciamo esportatrici, esitano a preferenza sui mercati svizzeri autoveicoli, macchinari, vini, liquori, fibre tessili sintetiche, calzature, strumenti di precisione. Le province importatrici fanno venire specialmente lana, cotone, metalli preziosi, cacao, macchine, ferrami.

Non fa meraviglia che la provincia di Torino rappresenti da sola circa il 73% di tutto il movimento commerciale del Piemonte con la Svizzera. Solo per la provincia di Torino ho quindi creduto opportuno instaurare un confronto fra le cifre delle importazioni e delle esportazioni per gli anni 1964 e 1969. Le importazioni dalla Svizzera che nel 1964 ammontavano a 37 miliardi di lire sono passate nel 1969 a 55 miliardi e mezzo e le esportazioni che nel 1964 raggiungevano i 36 miliardi e 700 milioni hanno totalizzato nel 1969 più di 63 miliardi di lire. In sostanza un aumento notevole del movimento commerciale, che ha portato quasi al raddoppio le esportazioni nel breve giro di sei anni. Questo tasso d'incremento trova preciso riscontro in quello di cui ha beneficiato il mercato dell'automobile, che è passato dai 16 miliardi e mezzo di lire ai 34 e più del 1969. Considerevole slancio hanno pure preso le esportazioni di vini, di liquori, e segnatamente di filati e tessuti di fibre sintetiche. Quanto alle merci importate i maggiori aumenti li hanno avuti i materiali ferrosi, l'alluminio, la gomma, le macchine.

Ora è quasi lapalissiano dire che questo crescente flusso di scambi nelle due direzioni del Piemonte e della Svizzera ha trovato nei trafori alpini e nella rete di comunicazioni stradali di accesso (per le ferrovie è un altro discorso) uno strumento di traslazione più rapido, più comodo, più economico dei mezzi preesistenti. Come è fuori dubbio, che di tali agevolazioni, destinate soprattutto a favorire l'uso degli autoveicoli, abbiano largamente approfittato le correnti turistiche, che nel nostro paese specialmente hanno preso uno sviluppo addirittura travolgente.

Ma qui, come anche per quel che riguarda le merci, sarebbe interessante conoscere almeno la distanza della destinazione, trattando, come usa fare, di traffico e di spostamenti a breve, medio, lungo raggio. Per quel che concerne il traforo del M. Bianco, per esempio, il traffico a breve distanza risulta essere modesto. Gli scambi tra la Savoia e l'alta Savoia da una parte, la Valle d'Aosta, la regione di Torino e la Lombardia dall'altra non rappresenta che il 6% del traffico totale registrato per la galleria. Dal lato francese il movimento commerciale proveniente o a destinazione del Nord della Francia, della regione Rodano-Alpi (salvo la Sa-

voia e l'alta Savoia) e del Benelux si ripartisce in modo eguale e rappresenta all'incirca i $\frac{2}{3}$ del traffico totale. Sul versante italiano si constata che il 28% del traffico interessa la Lombardia, il 19% la regione di Torino, il 6% la Valle e il 40% il resto d'Italia.

Gli autotrasportatori in generale concordano nel ritenere che dall'apertura dei trafori il traffico a breve distanza non abbia tratto grandissimo giovamento. Si osserva, per esempio, che gli scambi tra il Piemonte e la Svizzera non sono sufficientemente intensi da consentire spedizioni continue in «groupage», mentre sfuggono a queste i clienti vicini alla frontiera in quanto conviene loro fare trasporti in proprio. O se si tratta di merci caricate nei grandi centri di Sciaffusa o di Basilea, i piccoli autotrasportatori locali (i cosiddetti «padroncini») preferiscono affidarsi alla ferrovia per Domodossola.

Quanto al turismo Rosenfeld ha raccomandato di non sottostimare i movimenti generati dagli abitanti di zone vicine per affari o per una semplice passeggiata, come pure gli spostamenti generati dai turisti che soggiornano nella regione e che fanno escursioni a partire dal loro soggiorno principale. Ma qui si tratta di movimenti in giornata. Non sembra invece che i trafori alpini abbiano specialmente favorito i soggiorni turistici di Svizzeri nelle nostre Alpi o viceversa. Non d'inverno certamente. Forse qualche maggior scambio avviene d'estate, ma, se di ostacolo si può parlare, questo consiste nella uniformità dell'ambiente, per cui ciascuno può trovare nelle sue montagne il luogo adatto al riposo estivo o agli sport invernali.

Merita, per altro attenzione, il fatto che dal 1963 al 1964 il numero degli stranieri albergati ad Aosta è passato da 29.869 a 54.844. Correlativamente i clienti svizzeri che erano 3.525 nel 1963, sono risultati 6.856 nel 1964. Negli anni successivi dopo una breve prosecuzione di aumento tanto il numero degli stranieri in generale, come quello dei cittadini svizzeri si sono stabilizzati intorno ai 75.000-80.000 il primo, intorno ai 7.500-8.000 il secondo. Analoghe variazioni mostrano le cifre relative alle presenze. L'impressione che lascia il forte salto nel movimento turistico ad Aosta fra il 1963 e il 1964 è che esso sia stato stimolato dalla curiosità del traforo del Gran San Bernardo. Poi anche alle novità ci si acconcia e solo si ritiene valido l'apporto dell'utilità.

Per quel che concerne il turismo di origine svizzera è interessante notare come il Canton Ticino, il Vaud, il Vallese, Neuchatel e Ginevra siano i cantoni con maggior frequenza di vacanze. Ma come ho già accennato gli Svizzeri dispongono di un superbo ambiente alpino, meglio attrezzato del nostro dal punto di vista alberghiero e ricettivo in generale, sicché non debbono essere particolarmente invogliati a soggiornare per qualche tempo nelle nostre montagne. Ugual cosa può dirsi per quanto